

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Liara Beatriz Vitório Figueira

**PASSAGENS DE FAUNA COMO FORMA DE MITIGAÇÃO
DE ATROPELAMENTO DE FAUNA EM RODOVIAS DO
ESTADO DE SÃO PAULO**

Taubaté - SP
2020

LIARA BEATRIZ VITÓRIO FIGUEIRA

**PASSAGENS DE FAUNA COMO FORMA DE
MITIGAÇÃO DE ATROPELAMENTO DE FAUNA EM
RODOVIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Monografia apresentada para o Curso
Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade de Taubaté - UNITAU
como parte dos requisitos para a
aprovação no curso.
Orientador: Prof. Me. Leonardo
Nascimento Lopes.

**Taubaté – SP
2020**

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI
Sistema Integrado de Bibliotecas -SIBi
Universidade de Taubaté - UNITAU**

F475p Figueira, Liara Beatriz Vitório
Passagens de fauna como forma de mitigação de
atropelamento de fauna em rodovias do Estado de São Paulo /
Liara Beatriz Vitório Figueira. -- Taubaté : 2020.
68 f. : il.

Trabalho (graduação) - Universidade de Taubaté,
Departamento de Gestão e Negócios / Eng. Civil e Ambiental,
2020.

Orientação: Prof. Me. Leonardo do Nascimento Lopes ,
Departamento de Engenharia Civil.

1. Animais - Proteção. 2. Conservação da fauna e flora. 3.
Licenciamento ambiental. 4. Rodovias. I. Título.

CDD - 333.95

LIARA BEATRIZ VITÓRIO FIGUEIRA

PASSAGENS DE FAUNA COMO FORMA DE MITIGAÇÃO DE ATROPELAMENTO DE FAUNA EM RODOVIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Monografia apresentada para o Curso
Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade de Taubaté - UNITAU
como parte dos requisitos para a
aprovação no curso.
Orientador: Prof. Me. Leonardo
Nascimento Lopes.

Data: 25/11/2020

Resultado: Aprovada

BANCA EXAMINADORA

Instituição

Prof. Me. Leonardo Nascimento Lopes

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Ademir Fernando Morelli

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Mariana Carolina de Toledo

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por estar comigo em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Mirian e Armando, pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Às minhas avós, Maria e Catarina, aos meus tios e tias, primos e primas, que sempre estiverem presentes com muito amor e incentivo desde o início.

Aos amigos do Departamento de Águas e Energia Elétrica, especialmente Adrielly, Fernanda, Giovanna, Carlos, João, Rene, Edilson e Wanderley que me passaram conhecimento e me auxiliaram no aprendizado em todo o período de estágio, agradeço por todo ensino e paciência.

As amigas da faculdade, onde partilhamos muitos momentos de alegria, noites mal dormidas, muito estudo, trabalhos, mas também muito divertimento. Serão levadas comigo por toda a vida e fizeram dessa jornada um lugar especial.

Aos meus professores, que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional durante a minha vida, especialmente ao meu orientador, professor Leonardo, pela sua dedicação durante todos esses anos pelo curso.

E a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a execução deste trabalho.

“Podemos julgar o coração de um
homem pela forma que ele trata os
animais”.

Immanuel Kant

RESUMO

O atropelamento da fauna causado pela colisão de veículos em alta velocidade e animais é um dos principais impactos ambientais ocorridos diariamente em rodovias, visto que essas obras cortam hábitats naturais e impedem a conectividade dos ambientes. Várias medidas podem ser adotadas para a mitigação desses impactos, e a que mais se destaca é a implantação de passagens de fauna juntamente com cercas de condução para a passagem segura dos animais. Essas passagens podem ser de vários tipos e estruturas, levando em consideração o estudo ambiental da área para a implantação da passagem que atenda o maior número de espécies, priorizando as espécies mais vulneráveis a esse impacto. Para a implantação de rodovias e dessas passagens, é necessário o licenciamento ambiental, federal ou estadual, onde destaca-se a solicitação de medidas mitigadoras para a minimização dos impactos causados por essas obras lineares. Por esses fatores, o objetivo desse trabalho foi de levantar e caracterizar os tipos de passagens de fauna, e as existentes no estado de São Paulo, destacar a importância dessas medidas para a conservação da biodiversidade e descrever o processo de licenciamento ambiental de rodovias federais e do estado de São Paulo, e dos estudos ambientais envolvendo a solicitação de medidas mitigadoras, como as passagens de fauna. A elaboração do trabalho foi realizada através da revisão de literatura, e pode-se concluir que as passagens de fauna são medidas indispensáveis para manter a conectividade dos hábitats das espécies, conservar a biodiversidade, além de garantir a segurança do usuário das rodovias.

Palavras chave: Atropelamento de fauna. Passagens de fauna. Licenciamento ambiental. Rodovias.

ABSTRACT

The trampling of fauna caused by the collision of high-speed vehicles and animals is one of the main environmental impacts that occur daily on highways, as these works cut natural habitats and prevent the connectivity of the environments. Several measures can be adopted to mitigate these impacts, and the most outstanding one is the implantation of fauna passages together with conduction fences for the safe passage of animals. These passages can be of various types and structures, taking into account the environmental study of the area for the implementation of the pass that meets the greatest number of species, prioritizing the most vulnerable species to this impact. For the implantation of highways and these passages, environmental licensing, federal or state, is necessary, which highlights the request for mitigating measures to minimize the impacts caused by these linear works. For these factors, the objective of this work was to survey and characterize the types of fauna passages, and those existing in the state of São Paulo, to highlight the importance of these measures for the conservation of biodiversity and to describe the process of environmental licensing of federal highways and the state of São Paulo, and environmental studies involving the request for mitigating measures, such as fauna crossings. The elaboration of the work was carried out through the literature review, and it can be concluded that the fauna passages are indispensable measures to maintain the connectivity of the species' habitats, to conserve biodiversity, besides guaranteeing the safety of the road users.

Keywords: Run over of fauna. Fauna passages. Environmental licensing. Highways.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo Geral.....	9
2.2 Objetivos Específicos	9
3. REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1 Rodovias do Estado de São Paulo	10
3.2 Ecologia de Estradas.....	11
3.3 Impactos ambientais causados pelas rodovias	13
3.4 Atropelamento da fauna em rodovias	17
3.5 Medidas mitigadoras e preventivas para minimização do atropelamento da fauna.....	21
3.6 Passagens de fauna	25
3.6.1 Passagens inferiores	26
3.6.1.1 Galerias	27
3.6.1.2 Caixas secas	27
3.6.1.3 Passagens inferiores grandes	28
3.6.1.4 Passagens inferiores multiuso.....	29
3.6.1.5 Túneis para anfíbios e répteis	30
3.6.2 Passagens superiores	31
3.6.3 Passagem aérea para vertebrados arborícolas.....	36
3.6.4 Pontes e pontilhões	39
3.6.5 Bueiros modificados	41
3.6.6 Cercas ou alambrados de condução	43
3.7 Licenciamento ambiental para rodovias e passagens de fauna	45
4. MATERIAL E MÉTODOS	55
5. DISCUSSÃO	58
6. CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62

1. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é considerado, no Brasil, o mais importante e o mais utilizado para o deslocamento de cargas, pessoas e produtos. Por conta de sua extensão, faz com que seja possível manter o abastecimento e a integração do país.

É exatamente pela dimensão e por atravessarem extensas áreas naturais que este modal causa inúmeros impactos ambientais, como os atropelamentos de fauna, que ocorrem diariamente.

Dentre vários impactos negativos e positivos das rodovias, o atropelamento de fauna se destaca dentre os principais impactos ambientais negativos causados por estes empreendimentos.

Estes atropelamentos ocorrem principalmente em função de dois aspectos: a rodovia faz interferência no hábitat da espécie, ou seja, na faixa de deslocamento natural dela, acontecendo o mesmo para uma rodovia construída em área de migração; e a atração da fauna por meio da disponibilidade de alimentos ao longo da pista. Este impacto pode ser minimizado pelas medidas mitigadoras e evitado com as medidas preventivas.

As medidas mitigadoras são aquelas que tem o objetivo de minimizar os impactos sobre a fauna, quando estes efeitos não poder ser evitados, visto que estas situações, entre veículos em alta velocidade e animais, já estão ocorrendo. Já as medidas preventivas têm o objeto de prevenir o contato de animais e veículos em alta velocidade, estabelecendo medidas antes da implantação da rodovia, na medida em que um problema potencial for identificado.

Dentre as medidas preventivas e mitigadoras descritas nesse trabalho, as passagens de fauna são exemplos de estruturas que permitem a recomposição da conectividade entre espécies e o fluxo entre elas. Existem diversos tipos dessas estruturas, adotando o tipo adequado para a espécie mais atingida no local, porém é importante destacar que sempre sejam empregadas para um maior número de espécies e diferentes grupos faunísticos possível.

Para a construção de rodovias e de passagens de fauna é necessário o

licenciamento ambiental e seus respectivos estudos, e para isso é necessário seguir uma série de normas legais conduzidas pela esfera de competência da análise, seja ela federal, estadual ou municipal, todos regulamentos, no plano federal, por Leis, Decretos, Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Portarias e Instruções Normativas do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Dentro deste contexto, pretende-se com este trabalho apresentar os tipos de passagens de fauna como forma de mitigação de atropelamento de fauna e mostrar o processo de licenciamento de rodovias e dessas medidas no Brasil e no Estado de São Paulo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Diante do exposto o objetivo geral desse trabalho é realizar uma revisão de literatura sobre o tema passagens de fauna como forma de mitigação de atropelamento de fauna em rodovias, visando identificar os tipos de passagens de fauna existentes e o processo de licenciamento ambiental das rodovias e dessas medidas.

2.2 Objetivos Específicos

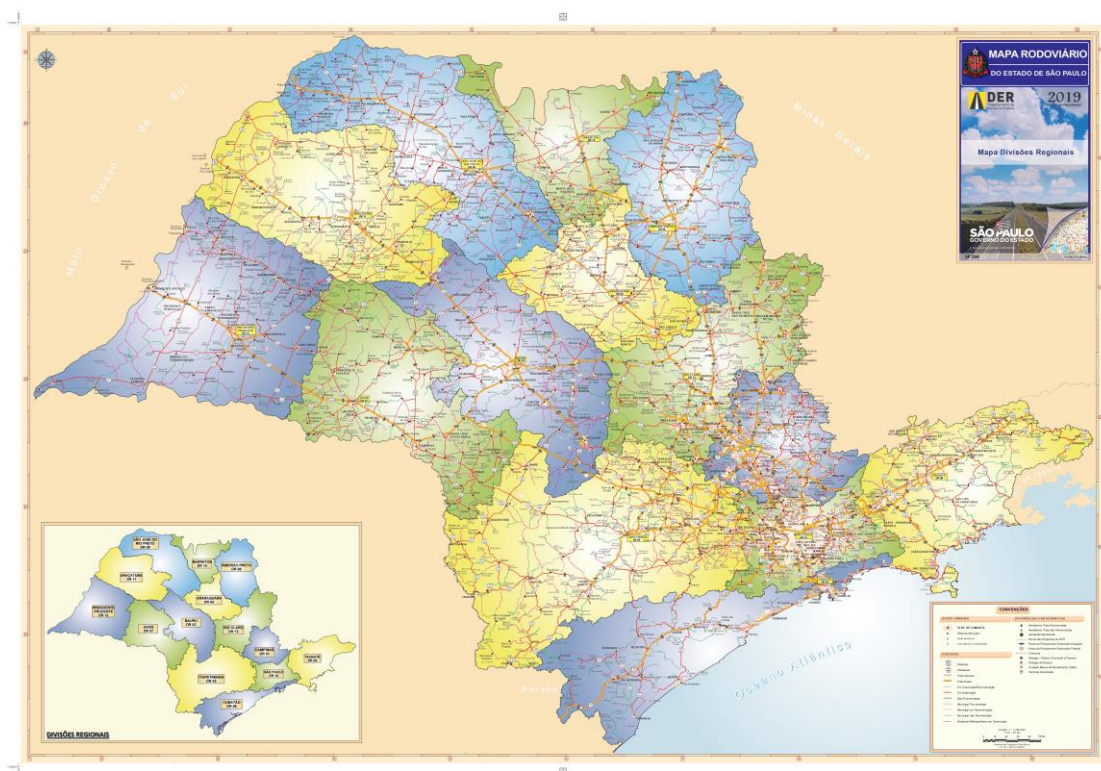
- Levantar os tipos de passagens de fauna e outras medidas mitigadoras de atropelamento de fauna;
- Caracterizar os tipos de passagens de fauna levantados;
- Identificar as passagens de fauna existentes no estado de São Paulo;
- Descrever o processo de licenciamento ambiental de rodovias federais e do estado de São Paulo, e dos estudos ambientais envolvendo a solicitação de medidas mitigadoras e passagens de fauna;
- Verificar a importância da implantação das passagens de fauna.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Rodovias do Estado de São Paulo

De acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem (2019), a malha rodoviária do Estado de São Paulo possui aproximadamente 199.918 km de extensão, divididos em eixos, acessos e dispositivos (Figura 1).

Figura 1: Mapa rodoviário do Estado de São Paulo com divisões regionais do DER.



Fonte: DER (2019).

Com uma frota de aproximadamente 302.822.54 automóveis (DENATRAN, 2020) circulando, o Estado de São Paulo é o que mais possui veículos circulando, 24h por dia.

O Estado de São Paulo conta com 64 unidades de conservação de proteção integral, sob a responsabilidade da Fundação Florestal, Instituto Florestal e Instituto de Botânica; 51 unidades de uso sustentável, geridas pela Fundação Florestal e Instituto Florestal; e 40 RPPN, de propriedade privada,

autorizadas pela Fundação Florestal (Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2016). Porém apenas 10%, aproximadamente, de suas áreas remanescentes são protegidas em UCs. (PRADA, 2004).

Por conta de poucas áreas dessas serem protegidas, muitas rodovias são interligadas a elas, por isso um de seus principais efeitos negativos, de acordo com Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2012), é o atropelamento da fauna e alteração de habitats naturais.

Segundo Abra (2012), medidas mitigatórias e preventivas vêm sendo desenvolvidas para o atropelamento de animais silvestres, como as passagens de fauna, porém ainda pouco implementadas no estado de São Paulo.

Atualmente, de acordo com Abra (2012), o estado de São Paulo possui 81 passagens inferiores de fauna em 14 rodovias distintas. Essas passagens devolvem a conectividade dos fragmentos florestais e matrizes permeáveis, guardando a conservação da biodiversidade e a segurança do usuário da rodovia.

Além dessas passagens inferiores, destaca-se também no estado de São Paulo um viaduto de fauna, localizado na Rodovia dos Tamoios no município de Paraibuna, e uma passagem aérea de fauna para animais arborícolas, no trecho de Serra da Rodovia dos Tamoios, no município de Caraguatatuba (TAMOIOS, 2015; TAMOIOS, 2017).

3.2 Ecologia de Estradas

De acordo com Forman et al. (2003): “[...] a ecologia de estradas usa a ciência da ecologia e a ecologia da paisagem para explorar, compreender e abordar as interações das estradas e veículos com o ambiente”.

Já Bager (2012), define ecologia de estradas como:

Um segmento da ecologia aplicada que estuda as relações da implantação e manutenção de empreendimentos lineares na biodiversidade, tendo uma forte relação com a ecologia de paisagem e ecologia de populações e comunidades. Possivelmente a ecologia

de estradas seja um dos segmentos da ecologia com maior inserção no contexto social e econômico, sem precisar a óbvia relação com a questão ambiental.

De acordo com Tsuda (2018), é atual o estudo de Ecologia de Estradas, visto que apenas a partir da década de 1990 que foram realizados os primeiros estudos com o objetivo de mitigação de atropelamentos em determinadas rodovias, em que apresentavam altas taxas de mortalidade de fauna (apud BAGER; FONTOURA, 2012).

Na Ecologia de Estradas, hoje em dia são muito empregados modelos estatísticos juntamente com ferramentas de análise espacial para identificação da relação das características da via, do uso do solo no entorno dela e do atropelamento de animais (TSUDA, 2018).

Bager (2012) afirma que, as rodovias são fundamentais para o crescimento econômico pois admitem a ocupação humana, transporte de bens, atividades de turismo etc., porém seus benefícios são acompanhados com muitos impactos ambientais, como o atropelamento da fauna, fragmentação e destruição de habitats. Visto estes fatores, a ecologia de estradas busca estudar a relação desses impactos e identificar formas de minimizá-los.

De acordo com Assis e Furlan (2014), os principais efeitos e impactos causados pelas rodovias são:

[...] efeitos diretos (mortalidade da fauna por atropelamento, poluição) e efeitos indiretos (perda e fragmentação de habitats, alterações microclimáticas, facilitação de invasões por espécies exóticas) que influenciam a permeabilidade da paisagem aos fluxos da biota, restringindo a movimentação de animais e isolando populações de organismos. As estradas também alteram a qualidade das águas e do ar e afetam as comunidades humanas.

Para minimização desses efeitos, Assis e Furlan (2014) afirmam ainda que, diretamente a Ecologia de Estradas, buscam três principais pontos:

(1) enfatizar a importância de considerar os impactos ecológicos das estradas nas fases de planejamento e desenho de projeto, incluindo a construção de barreiras e passagens de fauna, para permitir o fluxo de organismos evitando atropelamentos, (2) gerar diretrizes para o controle do tráfego de veículos e emissão de poluentes, especialmente em áreas protegidas e importantes para conservação ambiental, (3) motivar soluções para o manejo do escoamento da água nas margens das estradas sem afetar o sistema hídrico natural, entre outros objetivos.

Tsuda (2018) destaca a implementação de passagens de fauna e cercas-guia, com o objetivo de direcionar os animais e cruzarem as rodovias com segurança, para a mitigação dos atropelamentos da fauna, visando a conectividade de habitats, como uma possível solução.

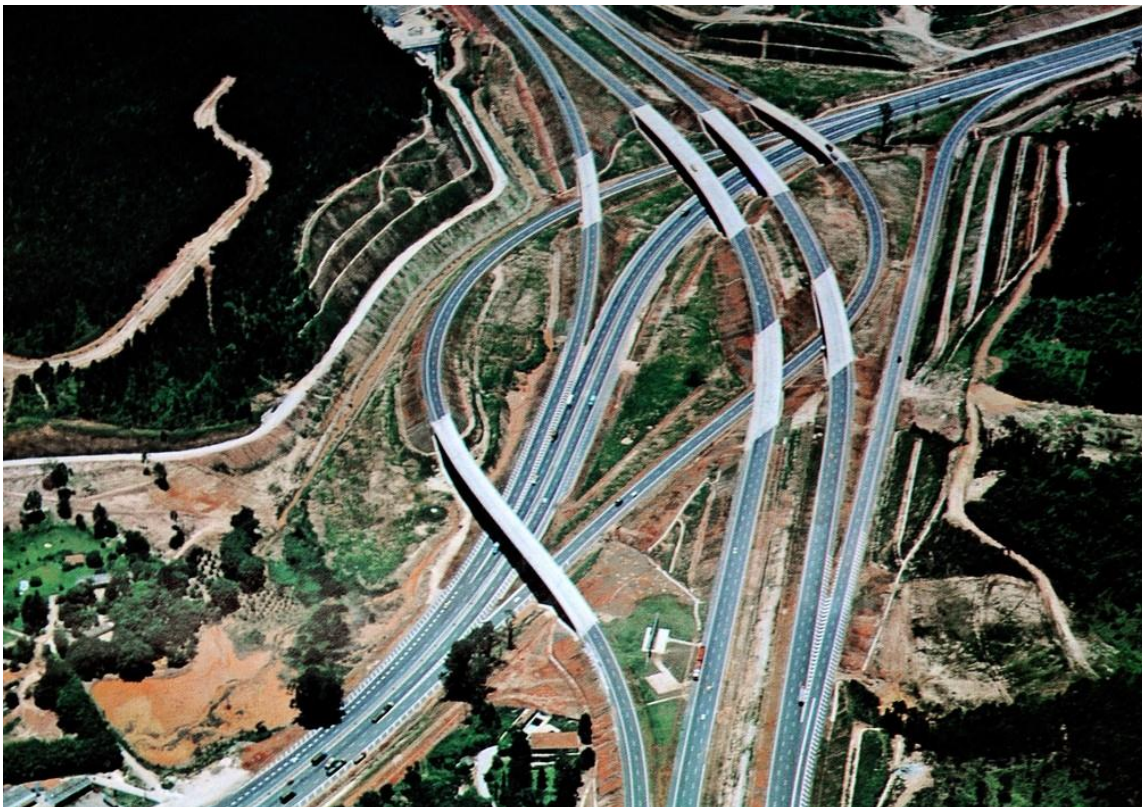
Essas medidas e os diversos tipos de passagens de fauna que são tratadas pela Ecologia de Estradas com o objetivo de minimizar os impactos ambientais e reduzir o número de atropelamentos em rodovias, foram apresentados com mais detalhes no tópico 3.5 e 3.6 deste trabalho.

3.3 Impactos ambientais causados pelas rodovias

DNIT (2012) afirma que: “Rodovias são consideradas como vetores de desenvolvimento para as sociedades humanas, entretanto, ao mesmo tempo representam uma fonte de distúrbio antrópico para o meio ambiente ao seu redor” (apud Fu et al, 2010).

De acordo ainda com DNIT (2012), os principais efeitos negativos das rodovias são: “atropelamentos de fauna, efeito de barreira e a fragmentação/alteração de habitats naturais”, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3.

Figura 2: Entroncamento das rodovias Anhanguera e Bandeirantes. Exemplo de efeito de barreira e alteração/fragmentação de habitats naturais.



Fonte: G1 & EPTV (2018).

Figura 3: Raposinhas-do-campo atropelada em rodovia no Estado de São Paulo.



Fonte: G1 (2019, apud arquivo pessoal Fernanda Abra).

Abra (2012) traz outros impactos negativos e positivos causados pelas rodovias, que atingem diretamente a integridade biótica e causam danos significativos. Dos impactos negativos, alguns deles são (apud Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; Forman et. al., 2003; Luell e. al., 2003; Arroyave & Gómez, 2006, Goosem, 2007):

- i) Facilitação da dispersão de espécies exóticas por meio dos corredores lineares formados pelas rodovias;
- ii) Alterações de ciclos hidrológicos devido a interrupções na drenagem, causadas pela construção de rodovias;
- iii) Mudanças microclimáticas devido à pavimentação – a qual tende a aumentar devido as temperaturas locais e diminuir a umidade do ar;
- iv) Poluição atmosférica devida à produção de gases tóxicos e material particulado liberados pelos veículos;
- v) Produção de ruído pelos veículos;
- vi) Contaminação das águas e do solo por substâncias liberadas pelos veículos;
- vii) Perda e degradação de habitats.

E dos impactos positivos, Abra (2012) aponta como exemplo o alce (Alces alces), observado no Parque Nacional “Grand Teton” nos Estados Unidos, onde se observou que algumas fêmeas dão à luz a seus filhotes próximos às rodovias. Uma possível explicação para esse comportamento é a menor proximidade do urso pardo (*Ursus arctos*), um dos maiores predadores dos alces, em áreas próximas às rodovias.

Ainda, Abra (2012) destaca que: “dessa forma, a permanência das crias próximas a estradas aumentaria a chance de sobrevivência dos filhotes, evitando ataques do urso pardo (apud Berger, 2007).

Além de prejuízos ecológicos, os acidentes com a fauna, como os atropelamentos, também geram impactos para os usuários das rodovias (IBRAM, 2012), pois, de acordo com Fonseca (2014), estes atropelamentos causam acidentes fatais ou não fatais, levando a custos financeiros para reparo de veículos, por exemplo.

Lauxen (2012) descreve os principais aspectos e impactos ambientais causados pelas rodovias sobre a fauna (Quadro 1):

Quadro 1. Principais aspectos e impactos ambientais causados pelas rodovias sobre a fauna, adaptado de Lauxen (2012).

Atividade ou aspecto ambiental	Impacto ambiental
Tráfego	Morte de indivíduos
Implantação física	Perda direta de habitats; Criação de novos habitats, refúgios e corredores de dispersão na faixa de domínio; Fragmentação de habitats;
Implantação física e tráfego	Perda de conectividade (rotas de movimentação entre os habitats); Redução ou perda da permeabilidade (fluxo entre os habitats); Efeitos de barreira: ocasionam a redução na movimentação de indivíduos da diversidade genética (apud ASCENSÃO & MIRA 2007); Efeitos de borda; Dispersão de espécies nativas exóticas.
Abertura de frentes de colonização e expansão agropecuária	Perda direta de habitats.
Aumento das bordas dos habitats	Alteração da qualidade do habitat.
Geração de material particulado	Deterioração da qualidade do ar.
Emissão de ruídos	Alteração no comportamento da fauna, especialmente das aves.

Se tratando de paisagens naturais cada vez mais fragmentadas pela ação humana, no qual a conservação in situ passa a se concentrar basicamente em áreas protegidas legalmente, configuradas como ilhas de

habitat natural cercado por paisagens alteradas, estes impactos citados podem ser agravados (BAGATINI, 2006).

De acordo com Prada (2004), "...as rodovias são um dos componentes da paisagem localizada entre as UCs e, portanto, um foco necessário de estudos a respeito de sua relação com a fauna".

No entanto, a quase totalidade das UCs, e principalmente as mais antigas, não tiveram, no momento de sua concepção, prévia conexão com outras áreas de habitat natural nem definição de zonas de amortecimento. De outro modo, Bagatini (2006) destaca que "são comuns rodovias cruzarem ou margearem áreas protegidas ou ambientalmente sensíveis, potencializando os problemas para a conservação da sua diversidade".

Segundo Prada (2004), conhecer em detalhes os impactos causados pelas rodovias é o primeiro passo, e implantar e monitorar medidas preventivas e mitigatórias é o caminho a ser percorrido.

3.4 Atropelamento da fauna em rodovias

O atropelamento e a perda da fauna por mortalidade são uns dos principais impactos ambientais causados pelas rodovias (FONSECA, 2014).

As rodovias são vistas, morfológica e funcionalmente, como corredores para muitas espécies, principalmente para mamíferos de médio e grande porte, que as utilizam como rota de deslocamento, aumentando a probabilidade de acidentes e atropelamentos (ROSA, 2012).

De acordo com Lima e Obara (2004), estes atropelamentos ocorrem em função de dois principais aspectos:

- 1º - A rodovia corta o habitat de determinado táxon, interferindo na faixa de deslocamento natural da espécie, o mesmo acontecendo para uma rodovia estabelecida em área de migração.;
- 2º - A disponibilidade de alimentos ao longo das rodovias, que serve de atrativo para fauna.

Neste segundo caso, alimentos como grãos, sementes, frutas, plantas herbáceas, entre outros presentes na pista ou próxima dela, age como atrativo para os animais silvestres com este hábito alimentar, podendo resultar no atropelamento do animal, cujo cadáver pode atrair a presença de outros animais (Figura 4), criando-se um ciclo de atropelamento. E esses problemas podem se agravar quando as rodovias atravessam ou estão no entorno de Unidades de Conservação (UCs), pois, muitas vezes, existem espécies ameaçadas de extinção nestas áreas (LIMA; OBARA, 2004).

Figura 4: Gavião se alimentando de animal atropelado em rodovia.



Fonte: Schjolberg (2015, apud Djambalawa).

Rosa (2012) observa três tendências para a resposta da fauna ao tráfego de veículos nas rodovias:

- (1) o incremento do tráfego causa um efeito de borda, alterando a abundância e distribuição das espécies em áreas mais próximas a rodovia, fazendo com que estas evitem deslocamentos sobre a rodovia;
- (2) independente do tráfego, as espécies não possuem alteração na abundância e distribuição em áreas mais próximas a rodovia, mas percebem a rodovia como uma barreira, evitando

deslocamentos sobre a mesma; e (3) as espécies se deslocam sobre a rodovia, independente do tráfego, e, por isso, possuem maior probabilidade de atropelamento.

Prada (2004) traz em seu trabalho resultados de seu estudo dos principais grupos de representantes atropelados nas estradas da região Nordeste do Estado do São Paulo, estes resultados foram:

- Aves: foi o grupo com maior número de representantes atropelados, por conta de cruzarem as rodovias com mais frequência, pois é uma característica de se deslocarem bastante, estes são mais vulneráveis a colisões com veículos, e também são mais vulneráveis pelo fato da atração do capim na beira da estrada, para aves que se alimentam de sementes ou a presença de grãos e frutas caídos e de insetos atraídos pela iluminação dos veículos nas estradas, além de que são susceptíveis ao forte deslocamento de ar provocado pelas passagens de veículos, por conta de seu relativo pequeno peso corpóreo e constituição própria para voar (PRADA, 2004).
- Mamíferos: foi o segundo grupo mais acidentado, como os indivíduos da família Dasypodidae (Tatus), que foi a segunda mais vitimada neste grupo, onde destaca-se fatores de que estes animais tem a visão pouco desenvolvida e audição razoavelmente acurada e, assim, utilizarem bastante o olfato para a percepção do ambiente, e também terem movimentação lenta e pouco ágil (PRADA, 2004).
- Carnívoros: Neste caso, estes animais percorrem grandes áreas e estão expostos à várias travessias de estradas, além de serem atraídos a elas devido ao hábito de necrofagia, e ainda, às margens das rodovias, onde há vegetação baixa ou as próprias faixas de rolagem, onde são utilizadas como trilhas artificiais para movimentação destes animais. (PRADA, 2004).
- Anfíbios e répteis: são grupos com menor movimentação, o que deixa sua vulnerabilidade mais baixa às rodovias, visto que seu menor volume e peso corporal favorece seu baixo registro pois as pequenas carcaças além de serem de difícil visualização, deterioram-se

rapidamente e são facilmente carregadas inteiras por animais de rapina (aves carnívoras) (PRADA, 2004).

Em dados recentes, R7 (2019) traz dados, de acordo com a Artesp (2019), em que no primeiro semestre do ano de 2018 foram registrados 11.388 casos de atropelamentos em rodovias paulistas, registrados em 8,4 mil quilômetros. Já nos primeiros seis meses de 2019, foram contabilizados 7.679 atropelamentos, ou seja, uma queda de 32,6% comparado com o mesmo período do ano de 2018. Estes números representam 64% de atropelamentos com animais domésticos e 36% de atropelamentos com animais silvestres.

Esta redução, segundo R7 (2019), se deu por conta do monitoramento das pistas por câmeras e a instalação de telas, e também pela construção de passagens de fauna para os animais silvestres, conforme Artesp (2019).

Estima-se que no Brasil, de acordo com Cymbaluk (2018), segundo estimativas realizadas pelo Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE), com base em 14 estudos científicos que integram todas as regiões, 15 animais são atropelados por segundo, ou 1,3 milhão por dia, e que:

A imensa maioria, cerca de 430 milhões, são pequenos vertebrados, como sapos, cobras e aves. Amassados pelas rodas, acabam confundidos com o asfalto para quem passa em alta velocidade. Urubus e carcarás, quando não são também atingidos por algum carro ou caminhão, fazem o serviço de levá-los embora da pista. Outras 43 milhões de vítimas são animais de médio porte, como gambás, lebres e macacos. A menor parte, correspondente a dois milhões de mortes, é composta por animais de grande porte, como capivaras, tamanduás, veados e onças. Muitos deles são ameaçados de extinção.

Cymbaluk (2018) ainda expõe que a região sudeste é a que possui mais casos de atropelamentos no Brasil, contabilizando cerca de 56,4% dos casos (Figura 5), segundo CBEE (2018). Isso se dá ao fato de que a região possui maior número de estradas e veículos, conforme citado por Bager (2018).

Figura 5: Mapa com classes de animais mais atropelados no Brasil e regiões com mais ocorrência.



Fonte: Cymbaluk (2018), apud Sistema Urubu (2018).

Fonseca (2014) conclui, sobre este assunto, que: “O conhecimento dos padrões de atropelamento é uma ferramenta importante na análise dos impactos trazidos por uma rodovia e na tomada de decisões para mitigar este impacto”.

3.5 Medidas mitigadoras e preventivas para minimização do atropelamento da fauna

Segundo Fonseca (2014), o atropelamento da fauna pode ser minimizado com a implantação de medidas preventivas ou mitigadoras.

As medidas preventivas são as que vão diminuir a ocorrência de acidentes entre veículos em velocidade e a fauna. Estas situações incluem, por exemplo, diminuir o número de estradas, de veículos e/ou a velocidade dos mesmos, e não atrair animais para a pista com oferta de alimento e água (PRADA, 2004).

As medidas mitigadoras são as que são tomadas com o objetivo de diminuir a mortalidade da fauna por atropelamento, uma vez que já ocorrem as condições para o encontro de animais e veículos em velocidade (PRADA, 2004).

É importante conhecer os tipos de opções existentes de classificação das medidas mitigadoras, para que se possa selecionar aquela mais adequada à determinada situação, e as medidas conhecidas estão adaptadas e agrupadas no Quadro 2, sendo as mesmas avaliadas quanto a sua efetividade na minimização de impactos aos diversos grandes grupos da fauna (LAUXEN, 2012).

Quadro 2. Medidas mitigadoras para impactos diretos de rodovias sobre a fauna, adaptada de Lauxen (2012).

Tipo	Medida Mitigadora		Grupo Biológico				
			I	H	A	M	
Intervenções estruturais	1	Passagens inferiores	■	■	■	■	
	2	Passagens inferiores grandes	■	■	■	■	
	3	Passagens inferiores multiuso	■	■	■	■	
	4	Túneis para anfíbios e répteis	■	■	■	■	
	5	<i>Ecodutos ou ponde de ecossistema</i>	■	■	■	■	
	6	Passagens superiores	■	■	■	■	
	7	Passagens superiores multiuso	■	■	■	■	
	8	Passagens no estrato arbóreo	■	■	■	■	
	9	Túneis rodoviários	■	■	■	■	
	10	Viadutos e elevadas	■	■	■	■	
	11	Pontes e pontilhões	■	■	■	■	
	12	Bueiros modificados	■	■	■	■	
	13	<i>Barreiras antirruído</i>	■	■	■	■	
	14	Ampliação do canteiro central	■	■	■	■	
Manejo	Usuários	1	Campanhas educativas	■	■	■	■
		2	Sinalização viária	■	■	■	■
		3	Limitação da velocidade	■	■	■	■
		4	<i>Redução do volume do tráfego</i>	■	■	■	■

Biológico	5	<i>Interdição temporária</i>				
	6	<i>Sistemas de detecção de fauna</i>				
	7	<i>Alerta e afugentamento</i>				
	8	<i>Balizas</i>				
	9	<i>Alimentação</i>				
	10	Remoção de carcaças				
	11	Modificação do hábitat				
	12	Cercas e barreiras				
	13	<i>Redução populacional</i>				

Legenda:

	Recomendada		Eventualmente adequada		Eficácia indeterminada
	Inadequada		<i>Sem uso conhecido no Brasil</i>		

I = Ictiofauna, *H* = herpetofauna, *A* = avifauna, *M* = mastofauna.

As intervenções estruturais, de acordo com Lauxen (2012), são as que se inserem no projeto rodoviário por meio de obras de engenharia específicas para o uso da fauna ou adaptações dos padrões construtivos com objetivo de promover condições de deslocamento da fauna.

De acordo com Ascensão e Mira (2006), a colocação ou adaptação dessas obras, como as passagens superiores ou inferiores e as hidráulicas, em número suficiente para a utilização do maior número de espécies, são medidas que permitem o deslocamento da fauna e a conectividade delas.

Prada (2012) destaca que, para que as condições de viabilidade sejam favorecidas, é importante realizar a manutenção da vegetação na faixa de domínio bem baixa, e também é recomendável para que o próprio deslocamento dos animais possa se fazer na área de refúgio e não no acostamento ou na própria faixa de rolagem.

Já as medidas do tipo manejo, segundo Lauxen (2012), não envolvem alterações nos padrões construtivos da rodovia, envolvem estratégias que buscam influenciar ou modificar o comportamento do motorista, seja por meio

de restrições ao tráfego, à velocidade, alertas em áreas de maior risco ou agrupamento da fauna ao seu universo de atenções, ou alterar o comportamento da fauna na sua relação com a via de tráfego, afastando-a ou controlando sua presença.

Segundo Prada (2004), a colocação de placas informativas sobre a ocorrência de atropelamentos na rodovia e uma campanha educativa dos motoristas é fundamental. A autora traz também que, a redução da velocidade permitida deve ser acompanhada de muitos mecanismos de fiscalização, e que a redução da velocidade à noite, principalmente, é uma medida que deve diminuir todos os tipos de acidentes, não só os relacionados à fauna.

Para a remoção de carcaças, Fonseca (2014) recomenda que as essas sejam enviadas para aterro sanitário ou incineração ou, caso estejam em bom estado, para instituições científicas e de ensino. O enterramento das carcaças na faixa de domínio pode ocasionar em contaminação de APPs pelo necrochorume ou, ainda, ocasionar novos atropelamentos a partir da atração de animais necrófagos, dependendo da profundidade da cova.

De acordo com Abra (2012, apud Luell, 2003; Trocmé, 2006), juntamente com as passagens de fauna devem é necessário empregar as cercas condutoras, pois as duas medidas são parte de um conceito único para manter a conectividade entre os animais pois, na tentativa dos animais atravessarem as rodovias, eles são inicialmente barrados pelas cercas, que atuam como guias para conduzi-los até as passagens de fauna.

Para concluir a análise das intervenções do tipo manejo utilizadas no Brasil, Lauxen (2012) aborda a modificação de hábitat como um dos fatores mais importantes na relação entre a fauna e a rodovia. Segundo o autor, as regiões agrícolas são frequentemente um dos únicos hábitats para a fauna e, assim, atrai indivíduos que ficam vulneráveis ao atropelamento, e com isso a faixa de domínio pode ser manejada de diversas formas, por exemplo quando associada a dispositivos de cercamento e passagens de fauna, onde pode se configurar como um importante hábitat, inclusive colaborando na conservação de gramíneas nativas.

É importante salientar que antes de se estruturar um sistema de proteção à fauna é preciso lembrar que é impossível reduzir as taxas de

atropelamento a zero e elimine por completo os impactos negativos (FONSECA, 2014).

De acordo ainda com Bager (2003), é necessário que se estabeleça prioridades em relação às espécies que se deseja proteger, por exemplo espécies abundantes e com maior vulnerabilidade para o atropelamento ou espécies com taxas de atropelamento reduzidos, porém ameaçadas de extinção, raras ou importantes para conservação.

3.6 Passagens de fauna

De acordo com Ascensão e Mira (2006): “As estradas constituem um dos mais graves elementos de fragmentação dos habitats e populações”. E, segundo os mesmos autores, uma das principais medidas no planejamento e gestão da conservação ambiental é a criação de corredores que permitam a ligação dos habitats, onde esta conectividade minimiza os efeitos negativos causados pela fragmentação, permitindo a circulação de indivíduos de diferentes populações e, conseqüentemente, a conservação da relação populacional.

A construção de passagens de fauna, segundo Beckmann et al. (2010), é umas das maneiras mais eficazes para devolver ou conservar a conectividade entre os indivíduos, onde é necessário que, com essas construções, diferentes grupos da fauna e grande número de espécies sejam favorecidos.

Segundo Abra (2012), é necessário que as passagens de fauna sejam empregadas juntamente com cercas condutoras que funcionam como guia para conduzir os animais até as passagens, sendo que na tentativa de cortarem as rodovias, os mesmos são barrados pelas cercas, inicialmente. Sem essas cercas condutoras, as chances de sucesso das passagens são baixas, segundo a autora, conforme citado por (Luell, 2003; Trocmé, 2006).

3.6.1 Passagens inferiores

De acordo com Lauxen (2012), são as estruturas mais utilizadas para fauna nas rodovias brasileiras, designado a grande número de espécies terrestres, semiaquáticas e quirópteros (apud GAISLER et al. 2009).

De acordo com Abra (2012, apud ARTESP, 2011), das 81 passagens de fauna nas rodovias do Estado de São Paulo, são 71 implantadas e 10 a serem implantadas, sob concessão de 10 concessionárias deste estado (Quadro 3).

Quadro 3. Número e localização de passagens inferiores de faunas em rodovias no estado de São Paulo sob concessão, adaptada de ABRA (2012, apud ARTESP, 2011).

Concessionária	Extensão da malha rodoviária (km)	Rodovia (s) com PIF	PIFs implantadas	PIFs a serem implantadas	Total
Autovias	317	SP-255; SP-344	4;8	-	12
Centrovias	219	SP-255	18	-	18
Rota das Bandeirantes	300	SP-063	1	2	3
SP Mar	60	SP-021	16	-	16
SP Vias	516	SP-127; SP-255; SP-258; SP-280; SP-270	11;1;1;1;2	-	16
Triângulo do Sol	443	SP-333	2	-	2
Via Norte	236,6	SP-332	5	-	5
Via Oeste	162	SP-270	1	-	1
Via Rondon	420	SP-300	-	8	8
TOTAL	2.673,6	-	71	10	81

As passagens inferiores podem ser do tipo:

3.6.1.1 Galerias

São passagens de uso misto, onde possibilitam a travessia de animais que se deslocam acompanhando cursos d'água, de animais aquáticos e semiaquáticos (Figura 6) (Beckmann et al., 2010);

Figura 6: Galeria metálica redonda (foto a), com passarela metálica suspensa, em Montana (EUA); Galeria de concreto redonda (foto b), com passarela adaptada para estação chuvosa, em Alentejo (Portugal); Galeria de concreto quadrada (foto c), com passarela permanente em ambos os lados da passagem, em Alentejo (Portugal).



Fonte: Abra (2012).

3.6.1.2 Caixas secas

Se tratam de passagens instaladas em ambientes secos, destinados a grupos que não se deslocam em ambientes úmidos ou cursos d'água, e, geralmente, as estruturas dessas passagens se apresentam de forma quadrada e de concreto (Figura 7), mas podem variar de acordo com a necessidade de cada espécie alvo ou grupo faunístico (ABRA, 2012).

Figura 7: Exemplo de passagem de fauna do tipo caixa seca.

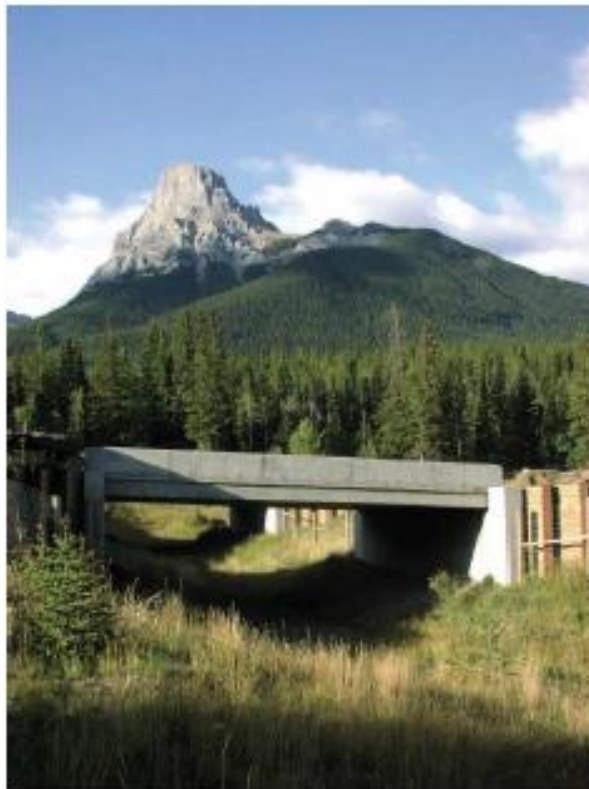


Fonte: Lauxen (2012).

3.6.1.3 Passagens inferiores grandes

São estruturas com 7 a 25 metros de largura e 3 a 5 metros de comprimento (LAUXEN, 2012), conforme Figura 8. Essas passagens são destinadas principalmente para grandes mamíferos, podendo ser utilizadas pelos demais grupos faunísticos também (BECKMANN et al., 2010).

Figura 8: Passagem inferior de fauna construída com estrutura de pontilhão.



Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

3.6.1.4 Passagens inferiores multiuso

Estas estruturas têm geralmente pelo menos 7 metros de largura e 3,5 metros de altura, enquanto algumas estruturas menores podem ter 5 metros de largura e 2,5 metros de altura, e tem como objetivo permitir a passagem de animais e humanos (Figura 9). Essas passagens são mais utilizadas por mamíferos de pequeno e médio porte, particularmente por espécies generalistas, e, quando bem largas, é comum a utilização de vegetação para segregação da passagem, demarcando o lado do uso humano (Beckmann et al., 2010).

Figura 9: Exemplo de passagem inferior multiuso.



Fonte: Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

3.6.1.5 Túneis para anfíbios e répteis

Os túneis para anfíbios e répteis normalmente variam de 7 metros a 40 metros de comprimento, onde sua eficácia já foi documentada com túneis com essas distâncias (Lausanne, Suíça), sendo que as estruturas mais curtas são melhores para o movimento desses animais (BECKMANN et al., 2010), conforme Figura 10.

Os principais conflitos desses animais com as estradas, de acordo com Beckmann et al. (2010), ocorrem quando as estradas atravessam as rotas de migração recorrentes das espécies para as áreas de reprodução, como lagoas, lagos, riachos ou outros habitats aquáticos, onde esse evento resulta em uma migração de uma grande quantidade de animais da espécie ao mesmo tempo, portanto, esses túneis devem ser localizados nessas áreas de movimentação da estrada que acontecem ano a ano.

No caso dessas passagens também é fundamental a utilização de cercas e barreiras para o direcionamento dos animais até elas, onde devem

levar ao túnel em um ângulo de 45° e 35 cm de altura, dificultando a escalada da estrutura pelos animais (LAUXEN, 2012).

Figura 10: Exemplo de túnel para herpetofauna.



Fonte: Lauxen (2012, apud BARKER 2009).

3.6.2 Passagens superiores

São estruturas grandes que tem o objetivo principal de mover grandes mamíferos, podendo também ser utilizadas por outros animais se os elementos de hábitat forem fornecidos. Essas passagens, especialmente os viadutos, por exemplo, contam com 50 a 70 metros de largura, os de estrutura maior, e os menores com 40 a 50 metros de largura (Figura 11). Estes viadutos devem ser de uso exclusivo à fauna, onde devem ser protegidos de atividades humanas (BECKMANN et al., 2010).

Já os ecodutos tem uma estrutura maior que os viadutos (Figura 12), normalmente com mais de 70 metros de largura e, preferencialmente, mais de 100 metros para atender mais grupos faunísticos, e devem conter diversos tipos de vegetação, combinando cobertura herbácea, arbustiva e arbórea,

conforme Lauxen (2012); Beckmann et al. (2010); Clevenger & Huijser (2011), assim como nos viadutos.

Figura 11: Exemplo de viaduto de fauna nos Estados Unidos. A placa de sinalização indica a passagem de fauna aos condutores na língua inglesa e indígena.



Fonte: Abra (2012).

Figura 12: Exemplo de ecoduto.



Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

No estado de São Paulo, de acordo com Tamoios (2015), foi inaugurado em 2018 um viaduto de fauna na Rodovia dos Tamoios, no município de Paraibuna. Foi o primeiro viaduto construído sobre uma rodovia no Brasil, com o intuito de possibilitar a passagem de animais (Figura 13).

Figura 13. Viaduto de fauna sobre a Rodovia dos Tamoios, em Paraibuna – SP.



Fonte: Concessionária Tamoios (2018).

Existem também as passagens superiores multiuso, que normalmente contam com 8 a 25 metros de largura (LAUXEN, 2012), as quais são destinadas para uso da fauna, especialmente mamíferos, e alguns de grande porte e generalistas, e para uso humano e de animais domésticos (BECKMANN et al., 2010). Especialmente para animais silvestres é de importância que há segregação por meio de vegetação arbustiva (Figura 14).

Figura 14: Exemplo de passagem superior multiuso.



Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

Há ainda as do tipo elevadas, em que são construídas acima dossel da vegetação local, com a finalidade de não fragmentar o hábitat, e podem ter uso misto quando a presença de cursos d'água abaixo da rodovia (ABRA, 2012) citado por (Forman et al., 2003), conforme Figura 15. Estes autores ainda descrevem que essas passagens constituem uma ótima medida mitigadora para travessia de fauna, pois envolvem vários grupos faunísticos, como mamíferos, anfíbios, répteis, aves e invertebrados, pois contam com grande extensão, largura e altura.

Figura 15: Rodovia elevada na SP-160, Rodovia dos Imigrantes, Brasil.



Fonte: (ECOVIAS, 2011).

3.6.3 Passagem aérea para vertebrados arborícolas

São estruturas construídas com cabos de aço ou cordas que se encontram no dossel e que ligam as copas das árvores, destinadas a espécies semi-arborícolas e arborícolas (BECKMANN et al., 2010).

Para rodovias multilinhas ou estradas em que há mais espaço livre e espaço maior entre as árvores, é necessárias estruturas permanentes e estáveis, como cabos e vigas de sinalização (Figura 16), permitindo assim que os animais se desloquem entre as copas das árvores situadas em lados opostos da estrada, assim como em estruturas mais simples que consistem em cordas e cabos (CLEVENGER & HUIJSER, 2011), exemplo na Figura 17.

No estado de São Paulo, no ano de 2017, foi implantada uma passagem aérea de fauna (Figura 18), na cidade de Caraguatatuba, na Rodovia dos Tamoios. A passagem que visa a passagem de animais arborícolas, tem 20

metros de extensão, e é formada por madeira, cordas e cabos de aço (TAMOIOS, 2017).

Figura 16: Exemplo de passagem instalada na sinalização em uma rodovia.



Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

Figura 17: Exemplo de passagem em estrutura constituída por madeira e cordas.



Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

Figura 18. Passagem aérea para animais arborícolas na Rodovia dos Tamoios (SP).



Fonte: Tamoios (2017).

3.6.4 Pontes e pontilhões

Essas estruturas, similares às passagens elevadas, preservam a seriedade dos ambientes aquáticos (Figura 19), e também proporcionar ótimos corredores para a fauna terrestre, nas passagens secas e matas ciliares (BARNUM, 2003), conforme Figura 20. Essas estruturas não interferem significativamente no hábitat, pois não há grandes interferências e são sempre preferenciais aos aterros (CARR et al., 2002).

Foto 19: Exemplo de ponte projetada para conservar curso d'água.



Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

Foto 20: Exemplo de Pontilhão em BR 392/RS, com laterais secas para passagem de fauna.



Fonte: Lauxen (2012).

3.6.5 Bueiros modificados

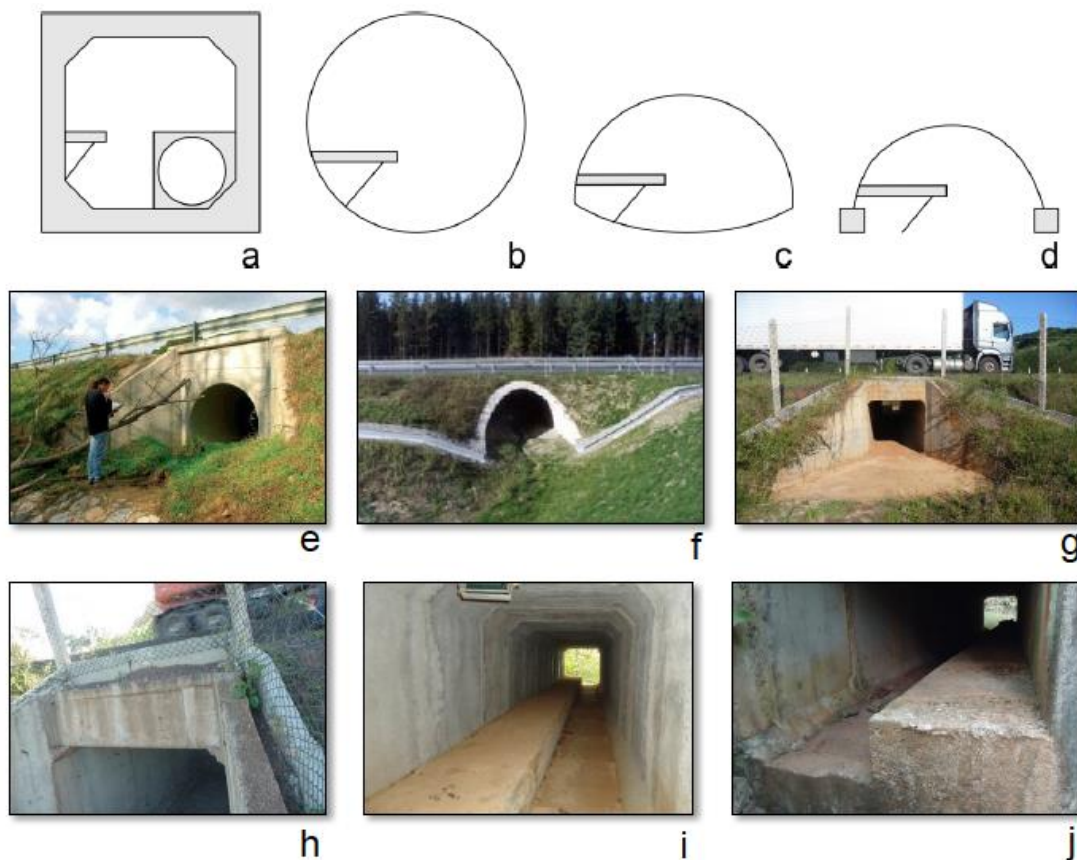
Estas estruturas são adaptadas, principalmente, para a travessia de animais de pequeno e médio porte, associadas a habitats úmidos e canais de irrigação, apresentando ser um meio fácil e econômico de fornecer o deslocamento de animais por meio de áreas úmidas ou inundadas durante todo o ano ou sazonalmente, apresentadas por meio de adaptações, sendo estas drenagens e canais, levando sempre em consideração que qualquer modificação do local para essas adaptações não deve impedir ou reduzir a capacidade hidrológica da ponte (BECKMANN et al., 2010).

Estes bueiros podem ter entre 0,6 e 2,5 metros de largura ou diâmetro e podem ser dos seguintes tipo (Foto 21), de acordo com Lauxen (2012): Bueiro celular; bueiro circular; bueiro tubular em arco; e bueiro em arco.

As adaptações economicamente mais viáveis são as plataformas ou passarelas secas, por exemplo as de madeira, que são construídas nas paredes laterais internas da ponte acima da marca d'água (Figura 22) (CLEVINGER & HUIJSER, 2011).

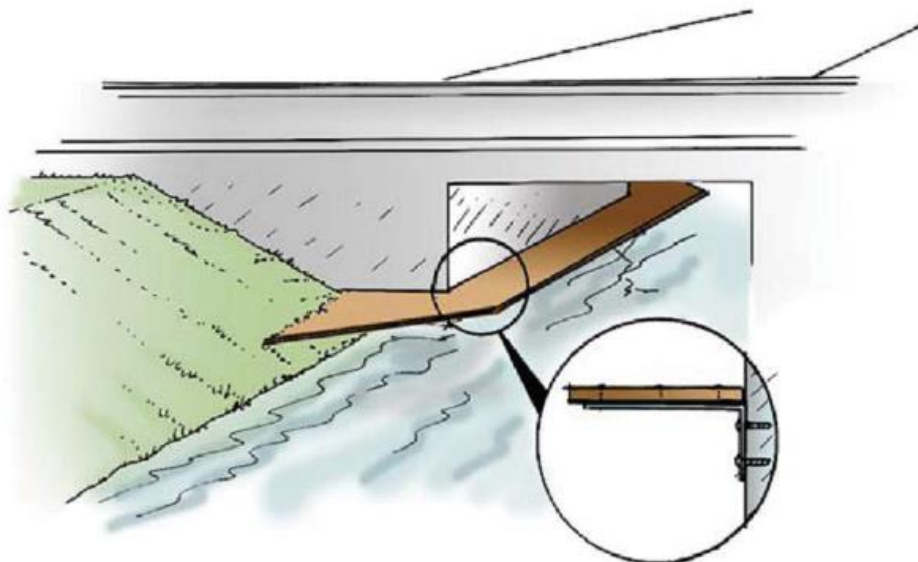
Assim como a maioria das passagens de fauna, os bueiros devem ter pouca atividade humana, para garantir seus resultados, de acordo com Beckmann et al. (2010).

Foto 21: Desenhos de cortes transversais dos tipos de bueiros e exemplos das passagens secas. a,g,h,i,j) celular; b,e) circular; c) tubular em arco; d,f) arco.



Fonte: esquema retirado do trabalho de Lauxen (2012), adaptado de Baker & Votapka (1990); fotos retiradas do trabalho de Lauxen (2012), citadas por (e) IUPELL et al. (2003), (f) BANK et al. (2002).

Figura 22: Exemplo esquemático de bueiro modificado.



Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

3.6.6 Cercas ou alambrados de condução

Essas estruturas, que visam interromper a passagem do animal à rodovia (Figura 23), são uma parte fundamental do plano de mitigação junto com as passagens de fauna pois, junto com essas medidas, promovem a prevenção do atropelamento dos animais na medida em que são barrados e direcionados até às travessias. As cercas foram umas das primeiras medidas implantadas para mitigação da fauna em países na América do Norte, como Canadá e Estados Unidos, (BECKMANN et al., 2010).

Seus tipos variam de acordo com o local, com o tipo do uso do solo e com o volume do tráfego, sendo que essas estruturas devem ser empregadas em ambos os lados da rodovia e as extremidades delas ao longo da estrada devem ser simétricas (CLEVENGER & HUIJSER, 2011).

Vale ressaltar que as cercas exigem manutenção constantes para manter sua integridade e potencialidade, e que é comumente acontecer de animais ficarem presos dentro da área cercada, portanto é importante tomar

medidas que os animais saiam com segurança dessas áreas, como com instalações de portões vaivém de aço, portas de metal com dobradiças ou rampas de terras. É importante também a instalação de aventais nas cercas, por exemplo, para mamíferos de grande porte, para evitar a passagem de mamíferos de pequeno e médio porte (BECKMANN et al., 2010), conforme Figura 24.

Foto 23: Exemplo de cerca guia e passagem subterrânea.



Fonte: Clevenger & Huijser (2011).

Figura 24: Exemplo de cerca com material para mamíferos de pequeno e médio porte emendado a material de cerca de grandes mamíferos.



Fonte: Clewenger & Huijser (2011).

3.7 Licenciamento ambiental para rodovias e passagens de fauna

A partir da Política Nacional do Meio Ambiente, publicada no Brasil em 1981, foi prevista a obrigatoriedade do licenciamento ambiental para instalação de obras ou atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos naturais (LAUXEN, 2012).

O licenciamento ambiental é descrito, segundo a Resolução CONAMA nº 237/1997, como um:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação

ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

Incluída nestas atividades sujeitas ao licenciamento ambiental estão as rodovias, em obras civis, de acordo com a Resolução CONAMA nº 237/1997.

As etapas do licenciamento ambiental estão descritas no Artigo 8º da Resolução CONAMA nº 237/1997, e essas etapas estão divididas pelas seguintes licenças:

I – Licença Prévia (LP) – concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

De acordo com Lauxen (2012), para conceder essas licenças, o empreendedor (que no caso do Brasil o DNIT é o responsável pelo sistema viário federal, ou os órgãos estaduais) as solicita ao IBAMA (federal) ou órgãos estaduais, e segue o procedimento definidos pelo órgão.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 001/1986, que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental, segundo o artigo 2º que:

Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como: I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento; II - Ferrovias; [...]

O Estudo de Impacto Ambiental - EIA e o respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA são um conjunto de estudos técnicos com o principal objetivo de avaliar e quantificar impactos ambientais, que são solicitados na fase de licenciamento prévio.

O EIA deve conter no mínimo, segundo a Resolução CONAMA nº 237/1997:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das **medidas mitigadoras dos impactos negativos**, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados).

Alguns exemplos de programas ambientais, conforme CCR/GEOTEC (2018) do EIA da Duplicação da Rodovia Raposo Tavares (SP-270), são:

- Programa de comunicação social (PCS);
- Programa de controle ambiental das obras (PCA);
- **Programa de afugentamento e resgate de fauna;**
- **Programa de monitoramento da fauna;**
- **Programa de monitoramento dos atropelamentos de fauna durante a implantação e operação do empreendimento e medidas mitigadoras;**
- Programa de compensação ambiental;
- Programa de educação ambiental;
- Programa de monitoramento ambiental das obras;

A Licença de Instalação deverá contemplar o Projeto Básico Ambiental, em que também apresenta diversos programas ambientais, os quais detalham as ações mitigadoras e de monitoramento (LAUXEN, 2012).

Especificamente as passagens de fauna, estas são solicitadas, quando na sua necessidade, também no Projeto Básico Ambiental, no requerimento de Licença de Instalação, na Portaria nº 289/2013 do IBAMA, que dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pelo IBAMA no licenciamento ambiental de rodovias e na regularização ambiental de rodovias federais, a qual apresenta, no parágrafo 11 desta Portaria:

O requerimento de Licença de Instalação deverá ser acompanhado do Projeto Básico Ambiental com o detalhamento dos **programas ambientais de mitigação e controle**, e do anteprojeto de engenharia da obra, contendo minimamente os seguintes elementos de projeto: I – Projeto geométrico plotado sobre imagem aérea ou ortofotocarta, com projeção do eixo estaqueado, faixa de domínio, projeções de offset, obras de arte especial e correntes, passagens de fauna e áreas de preservação permanente; II – Projeto em perfil, com seções transversais da plataforma rodoviária; III – Anteprojeto de drenagem (incluindo as obras de arte especial e correntes, e contemplando, no mínimo, localização, tipo de dispositivo, arquitetura, seção transversal e gabarito do vão) e de **passagens de fauna**; IV – Locação de áreas de empréstimo e de deposição de materiais, canteiros de obras e áreas de apoio; e V – Cronograma de obras.

Lauxen (2012) expõe que na fase da Licença de Operação também é estabelecido os Programas Ambientais de mitigação e monitoramento a serem executados nesta fase.

Quanto às competências do licenciamento, estas são regulamentadas na Resolução CONAMA nº 237/1997, no Artigo 4º, em que:

Art. 4º - Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, órgão executor do SISNAMA, o licenciamento ambiental, a que se refere o artigo 10 da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, a saber: I – Localizadas ou desenvolvidas conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; no mar territorial; na plataforma continental; na zona econômica exclusiva; em terras indígenas ou em unidades de conservação do domínio da União.

II – Localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais Estados;

III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais do País ou de um ou mais Estados;

IV – Destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN;

V - Bases ou empreendimentos militares, quando couber, observada a legislação específica.

Especificamente para rodovias federais, existem três procedimentos de Licenciamento Ambiental Federal (LAF) distintos, conduzidos pelo IBAMA, de acordo com Pimenta et al. (2014), em que dependem da tipologia do empreendimento a ser licenciado, são eles: “I. Licenciamento Ambiental Federal Ordinário; II. Licenciamento Ambiental Federal Específico; III. Licenciamento Ambiental Federal para fins de regularização ambiental de rodovias federais pavimentadas em operação”.

A Figura 25 e 26 apresenta, adaptado de Pimenta et al. (2014), os tipos de licenciamento ambiental de rodovias federais, com suas fases e procedimentos resumidos, de acordo com IN 184/2008 (IBAMA, 2008) e da Portaria MMA nº 289/2013 (BRASIL, 2013b).

Figura 25: Licenciamento Ambiental de Rodovias Federais (Ordinário e Específico). Fonte: adaptado de Pimenta et al. (2014), de acordo com IBAMA (2008) e Brasil, 2013b.

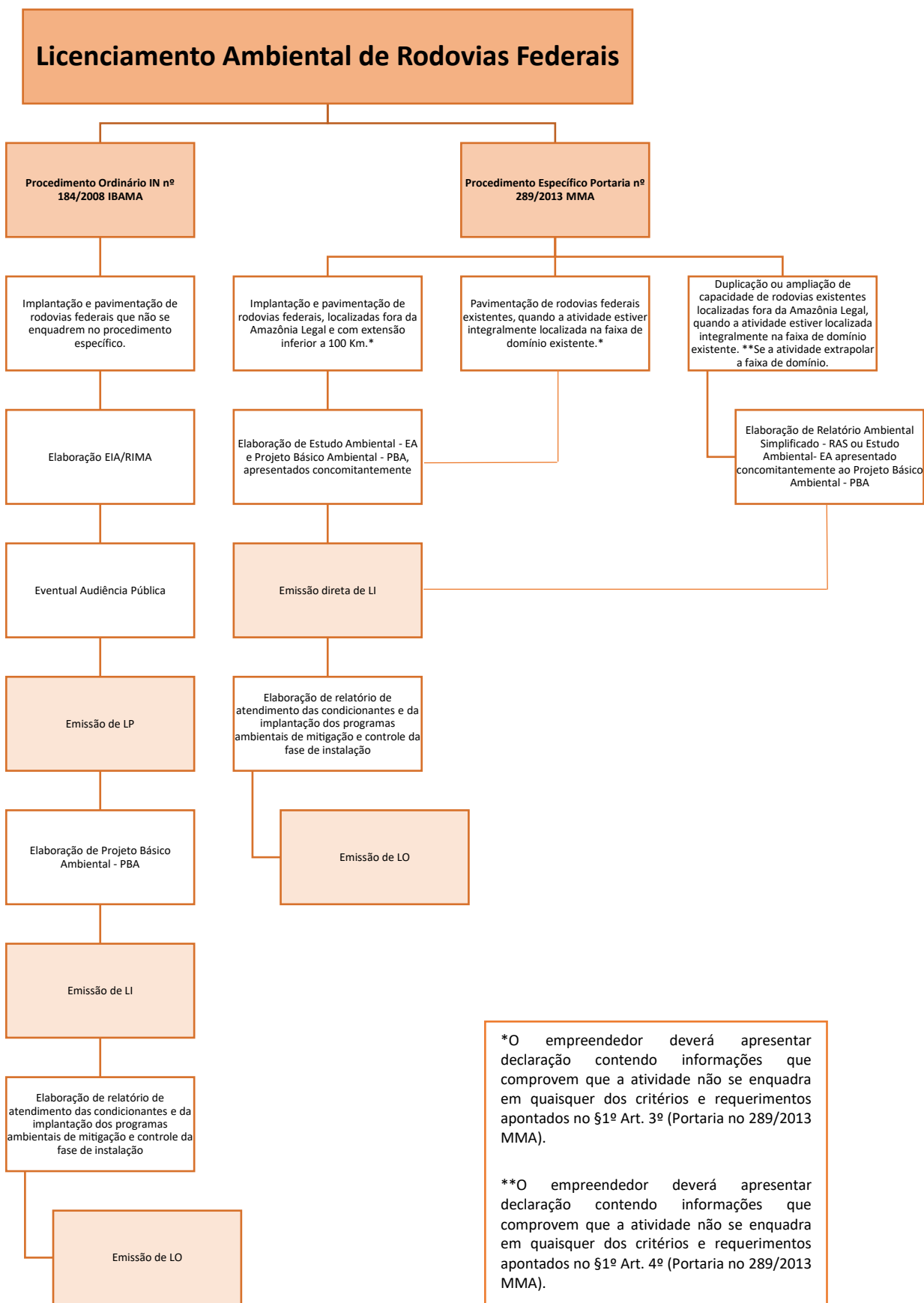
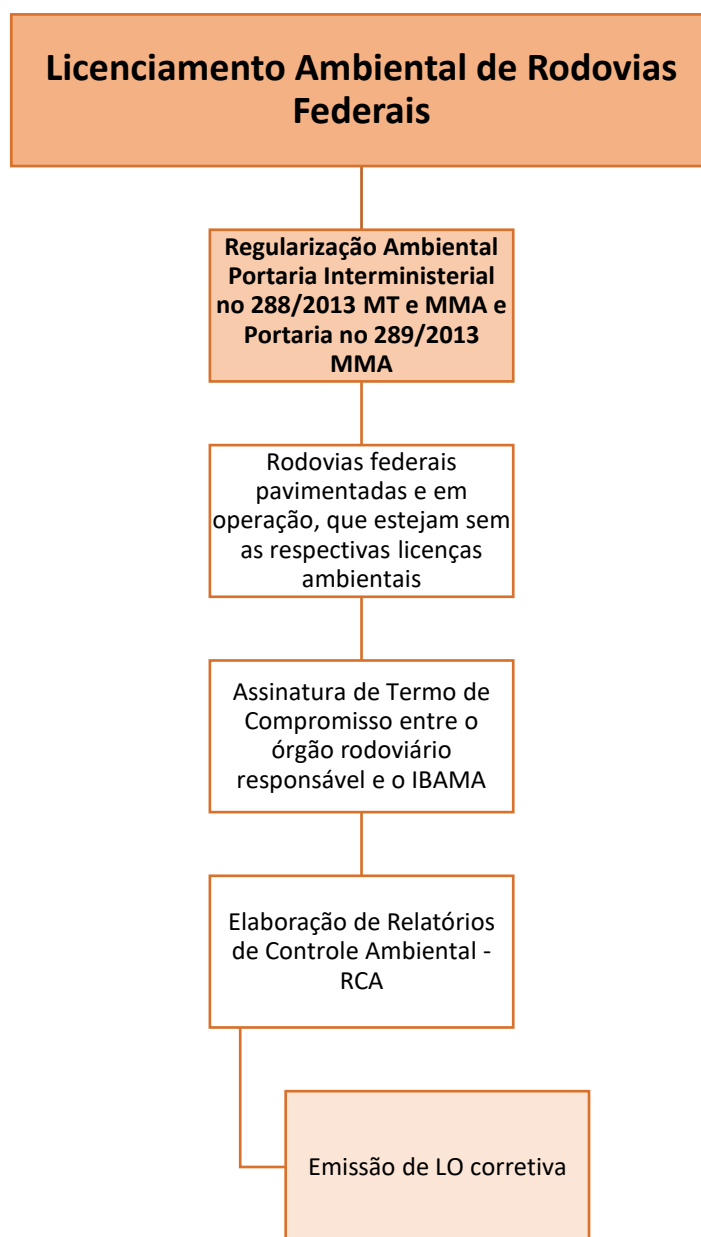


Figura 26: Licenciamento Ambiental de Rodovias Federais (regularização ambiental). Fonte: adaptado de Pimenta et al. (2014), de acordo com IBAMA (2008) e Brasil, 2013b.



Também, a Resolução CONAMA nº 237/1997 traz a competência quanto aos órgãos estaduais, no Artigo 5º, em que:

Art. 5º - Compete ao órgão ambiental estadual ou do Distrito Federal o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades:

I – Localizados ou desenvolvidos em mais de um Município ou em unidades de conservação de domínio estadual ou do Distrito Federal;

II – Localizados ou desenvolvidos nas florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente relacionadas no artigo 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e em todas as que assim forem consideradas por normas federais, estaduais ou municipais;

III – cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais Municípios;

IV – Delegados pela União aos Estados ou ao Distrito Federal, por instrumento legal ou convênio.

No Estado de São Paulo, o órgão responsável pelo licenciamento ambiental, é a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb). A partir da Lei nº 13.542, de 8 de maio de 2009, a Cetesb ficou responsável de proceder ao licenciamento ambiental de estabelecimentos e atividade utilizadores de recursos ambientais considerados efetiva e potencialmente poluidoras (MORAES; AMORIM, 2016).

A Cetesb tem o papel de avaliar e autorizar as documentações e as fases do licenciamento ambiental referente a implantação de novas rodovias, das duplicações, marginais etc.

Dentre os documentos exigidos nos Estudos Ambientais, no Estado de São Paulo, a elaboração de laudos de fauna está como obrigatória. A Decisão de Diretoria Nº 167/2015/C, de 13 de julho de 2015 estabelece procedimento para a Elaboração dos Laudos de Fauna Silvestre para Fins de Licenciamento Ambiental e/ou Autorização para Supressão de Vegetação Nativa.

Nesta Decisão de Diretoria Nº 167/2015/C, é exigido a apresentação de medidas para a garantia da conectividade dos fragmentos e recursos hídricos, tais como medidas para manter a segurança da fauna, conforme Art. 4º e Parágrafo único do mesmo:

Art. 4º - Caso haja implantação de sistema viário ou barreiras intransponíveis para a fauna, deverão ser apresentadas medidas que garantam a conectividade entre os fragmentos e recursos hídricos, tais como **passagens aéreas, passagens subterrâneas, pontes**, acompanhados de projeto técnico e croqui de localização.

Parágrafo único – Nos equipamentos do sistema viário ou barreiras deverá ser instalada **sinalização indicativa da passagem de fauna** e redutor de velocidade em locais propícios ao atropelamento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho de revisão de literatura, foram realizadas pesquisas bibliográficas, a partir de livros, artigos científicos, artigos de revistas, artigos de jornais, sites, EIA/Rima, legislações e outros trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses, que contribuíram para a realização desse trabalho e para destacar a importância de passagens de fauna para a minimização do atropelamento da fauna nas rodovias.

Estes materiais foram publicados entre os anos de 2002 a 2020, visto que também foram utilizadas legislações publicadas nos anos 1986 a 2008. Dos autores que contribuíram para esta revisão de literatura, os que mais se destacaram e embasaram o tema foram: Abra (2012), Bager (2012), Beckmann et. al (2010), Clevenger e Huijser (2011), Lauxen (2012), Lima e Obara (2004), Pimenta et. al (2014), Prada (2004), Rosa (2012) e Tsuda (2018).

A montagem do trabalho foi realizada por etapas, para melhor organização do mesmo, foram elas:

1ª Etapa – Seleção das fontes

Nesta etapa ocorreu a pesquisa dos materiais acessados nas bases de dados Scielo, Google Scholar, Periódico Capes, Medline e Academia.edu.

Para esta revisão bibliográfica, foram utilizados:

- a) Duas Resoluções, uma Instrução Normativa, uma Decisão de Diretoria e uma Portaria relacionadas ao licenciamento ambiental de rodovias e monitoramento da fauna.
- b) Seis Web Sites divididos em noticiários, entrevistas, como o G1 e R7, e sites oficiais de órgãos relacionados, como DER, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, DENATRAN e Ecovias, com conteúdos publicados entre os anos de 2011 a 2020.
- c) Seis dissertações, publicadas nos anos de 2004 a 2018, dois trabalhos de conclusão de curso, de 2012 e de 2014, e dois artigos científicos, de 2004 e de 2014, com temas relacionados ao

atropelamento da fauna, passagens de fauna, monitoramento da fauna e rodovias no Brasil e Estado de São Paulo.

- d) Quatro livros, sendo os 4 em idioma inglês, divididos em ecologia de estradas, manual para passagens de fauna e medidas mitigadoras impostas às rodovias, publicados entre os anos de 2002 e 2011.
- e) Três relatórios técnicos de concessionárias, apresentando resultados de diagnósticos e proposição de medidas mitigadoras para o atropelamento de fauna, e programa de monitoramento de fauna anual, elaborados nos anos de 2010, 2013 e 2014.
- f) Três revistas que abordaram temas relacionados ao monitoramento e mitigação de atropelamento da fauna, gestão para licenciamento ambiental de rodovias, e procedimentos de licenciamento ambiental, publicadas nos anos de 2012, 2014 e 2016.
- g) Um Estudo de Impacto Ambiental da Duplicação da Rodovia Raposo Tavares, em que abordou Programas Ambientais relacionados à fauna do ano de 2018.

2ª Etapa – Coleta de dados

A coleta de dados procedeu-se da seguinte maneira:

- a) Leitura Exploratória dos materiais selecionados e descritos acima, em que consistiu em uma leitura rápida com o objetivo de avaliar cada material e concluir se é de interesse para o trabalho;
- b) Leitura Seletiva, ou seja, uma leitura mais focada nas partes de maior interesse nos materiais;
- c) Separação e apontamento das informações mais relevantes retiradas das fontes, gerando os resultados.

3ª Etapa – Análise e Interpretação dos Resultados

Etapa do terceiro nível de leitura dos materiais selecionados com conteúdos importantes do tema. Esta leitura consiste em uma leitura analítica, em que pôde-se analisar de uma forma mais profunda as informações dadas

pelos materiais selecionados, identificando o vínculo das informações fornecidas com o tema do trabalho, obtendo, assim, dados e informações para a realização da revisão de literatura.

4ª Etapa – Discussão dos Resultados

As informações geradas e desenvolvidas nas etapas anteriores foram analisadas e discutidas a partir do referencial teórico relativo à temática do estudo.

5. DISCUSSÃO

O atropelamento da fauna decorrente da proximidade dos veículos com os animais, os quais veem as rodovias, morfológica e funcionalmente, como corredores, é um dos principais impactos ambientais causados por essa conectividade (FONSECA, 2014; ROSA, 2012).

Prada (2004) destaca em seu estudo realizado no Nordeste de São Paulo, que o grupo faunístico mais atingido por esse impacto é o das aves, seguido dos mamíferos. Contudo, Cymbaluk (2018), segundo estimativas realizadas no Brasil pelo Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE), discorre que a maioria dos atropelados nas rodovias são de pequenos vertebrados, seguidos de animais de médios porte e depois os de grande porte, e que a região Sudeste é a que possui o maior número de casos de atropelamentos nessa estimativa, cerca de 56,4%.

A Ecologia de Estradas, conforme descrito por Bager (2012) e Forman et al. (2003), é um segmento da ecologia que estuda as interações das estradas e veículos com o meio ambiente, assim como nas relações da implantação de empreendimentos lineares na biodiversidade. Decorrente disso, a Ecologia de Estradas busca estudar a relação dos impactos dessas relações a fim de identificar formas de minimizá-los.

Para a minimização do atropelamento da fauna, Lauxen (2012) traz as principais medidas mitigadoras existentes, destacadas no Quadro 3. Além de medidas mitigadoras, Prada (2004) descreve também medidas preventivas para esse impacto, essas medidas tem o objetivo de prevenir o contato de animais e veículos.

Ascensão e Mira (2006) dizem que essas obras e adaptações são medidas que permitem o deslocamento da fauna e a conectividade delas, principalmente se implantadas em número suficiente para a utilização do maior número de espécies. Contudo, Fonseca (2014) e Bager (2003) destacam que é impossível reduzir o atropelamento a zero e envolver todos as espécies nas medidas de mitigação, por isso é necessário que se estabeleça prioridades em relação a espécies abundantes na área que se deseja implantar a medida.

As medidas que se destacam são a criação de corredores que permitam a circulação das espécies, ligando os habitats e que conservem a relação populacional (ASCENSÃO; MIRA 2006). E, assim como aborda Beckmann et al. (2010), as passagens de fauna se destacam como uma das maneiras mais eficazes para devolver ou conservar a conectividade entre as espécies.

As cercas condutoras se destacam como uma medida fundamental para que as passagens de fauna tenham sucesso em seu funcionamento, pois o objetivo delas é de guiar os animais, formando uma barreira e interrompendo a passagem do animal à rodovia, conforme aborda Abra (2012 apud IUELL, 2003; TROCMÉ, 2006) e Beckmann et al. (2010).

As passagens de fauna que mais se destacam no Estado de São Paulo são as passagens inferiores, conforme estudo de Abra (2012, apud ARTESP, 2011), ao todo o Estado de São Paulo conta com 81 PIFs, sendo 71 implantadas e 10 a serem implantadas, e o viaduto de fauna implantado em 2018, conforme Tamoios (2015), visto ser o primeiro implantado sobre uma rodovia no Brasil.

Essas passagens inferiores de fauna podem ser do tipo galerias e caixas secas, que são as mais utilizadas no Brasil, podendo ser úmidas, secas ou mistas, passagens inferiores grandes, passagens inferiores multiuso e túneis para anfíbios e répteis (LAUXEN, 2012). Além dessas, Abra (2012) descreve as passagens aéreas para vertebrados arborícolas, viadutos, elevados e destaca também a importância das cercas ou alambrados de condução dos animais.

As rodovias estão sujeitas ao licenciamento ambiental, conforme descrito na Resolução CONAMA nº 237/1997, e para isso é necessário que o empreendedor solicite as licenças ao órgão federal ou estadual, dependendo de sua abrangência, conforme é estabelecido nos Artigos 4º e 5º desta Resolução, seguindo então todos os procedimentos dos órgãos (LAUXEN, 2012).

Na Resolução CONAMA nº 237/1997 ainda, é solicitado que nos estudos ambientais apresentados, na fase de licenciamento prévio, o empreendimento apresente a definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entrando então as passagens de fauna como medidas mitigadoras para o atropelamento da fauna. Como exemplo, o EIA da Duplicação da

Rodovia Raposo Tavares (SP-270) (CCR/GEOTEC, 2018), apresenta o seguinte programas ambientais: de afugentamento e resgate de fauna; de monitoramento da fauna; de monitoramento dos atropelamentos de fauna durante a implantação e operação do empreendimento e medidas mitigadoras.

Além disso, é necessário no Projeto Básico Ambiental, solicitado na Licença de Instalação, conforme exposto por Lauxen (2012), a apresentação também de programas ambientais. Assim como estabelecido pela Portaria nº 289/2013 do IBAMA, as passagens de fauna são solicitadas no anteprojeto do Projeto Básico Ambiental.

Na fase da Licença de Operação também é estabelecido os Programas Ambientais e mitigação e monitoramento a serem executados nesta fase.

Outro documento importante na fase de licenciamento ambiental de rodovias, em especial solicitada pela Cetesb, órgão responsável pelo licenciamento ambiental no Estado de São Paulo, é a elaboração de laudos de fauna, seguindo o procedimento estabelecido pela Decisão de Diretoria N° 167/2015/C, de 13 de julho de 2015, em que é exigido a apresentação de medidas para a garantia da conectividade dos fragmentos e recursos hídricos, tais como medidas para manter a segurança da fauna.

Visto esses fatores, é importante ressaltar que as medidas para mitigação de impactos em rodovias sejam analisadas e exploradas nas fases de licenciamento ambiental, abrangendo o maior número de espécies, ou as mais vulneráveis da área estudada, a fim de manter a conectividade dos habitats das espécies e a conservação delas.

6. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a necessidade da implantação de medidas mitigadoras ou preventivas para a minimização de atropelamentos da fauna, destacando principalmente as passagens de fauna juntamente com cercas de condução. Além disso, mostrou-se também o processo de licenciamento ambiental de rodovias federais e estaduais, a fim de destacar a solicitação dessas medidas mitigadoras, especificamente das passagens de fauna.

Foi possível observar que não existe uma passagem de fauna ideal para todas as espécies, ficando explícita a necessidade do estudo da área em que se quer implantar, para a melhor adaptação e resultados dessa medida.

Vale salientar que, além das passagens de fauna, é muito importante que outras medidas sejam implantadas nas rodovias, como placas de sinalização, radares de velocidades e educação ambiental para sensibilização da população quanto esses impactos causados nas rodovias.

É nítida a carência de passagens de fauna no Brasil e, especialmente de outros tipos de passagens além de PIFs no estado de São Paulo, sem contar a falta de monitoramento e manutenção das existentes. É de extrema importância que os órgãos licenciadores monitorem e solicitem a implantação dessas medidas mitigadoras e também criem instrumentos legais específicos para a implantação dessas medidas em rodovias.

Com base no exposto, pode-se concluir que as passagens de fauna, se implantadas corretamente e juntamente com outras obras ou adaptações, são medidas indispensáveis para manter a conectividade dos habitats das espécies, conservar a biodiversidade, além de garantir a segurança do usuário das rodovias.

REFERÊNCIAS

ABRA, F.D. **Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na Rodovia SP-225 no Município de Brotas, São Paulo**. 2012. 72f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos e Terrestres) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-21012013-095242/publico/Fernanda_Abra.pdf. Acesso em: 14 jul. 2020.

ASCENSÃO, F.; MIRA, A. **Impactos das vias rodoviárias na fauna silvestre – Relatório Final**. Universidade de Évora. Portugal, 2006. Disponível em: https://www.infraestruturasdeportugal.pt/sites/default/files/miraascensao_impactes_das_vias_rodoviaras_n.pdf. Acesso em: 3 ago. 2020.

ASSIS, J. C.; FURLAN, S. A. **III Congresso Brasileiro de Ecologia de Estradas: Road Ecology Brazil 2014**. GEOUSP – Espaço e Tempo (Online), São Paulo, v. 18, n. 2, p. 461-463, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/84545/87459>. Acesso em: 14 set. 2020.

BAGATINI, T. **Evolução dos Índices de Atropelamento de Vertebrados Silvestres das Rodovias do Entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas, DF, Brasil, e Eficácia de Medidas Mitigadoras**. 2006. 62f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2248/1/Tathiana%20Bagatini.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

BAGER, A. **Ecologia de Estradas: alternativa para diminuição de impactos ambientais**. São Leopoldo, RS, março de 2012. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/ecologia-de-estradas-alternativa-para-diminuicao-de-impactos-ambientais-entrevista-especial-com-alex-bager/507081>. Acesso em: 08 set. 2020.

BAGER, A. **Repensando as medidas mitigadoras impostas aos empreendimentos rodoviários associados a Unidades de Conservação – Um estudo de caso**. In: BAGER, A. (Ed.) *Áreas Protegidas: conservação no âmbito do cone sul*. Pelotas: edição do editor, 2003. p.159-172. Disponível em: https://bab.empreededor-academico.com.br/wp-content/uploads/2018/05/Cap_Areas-protegidas_2003.pdf. Acesso em: 05 ago. 2020.

BARNUM, S. A. **Identifying the best locations along highways to provide safe crossing opportunities for wildlife: A handbook for highway planners and designers**. 2003. Denver, Colorado, Colorado Department of Transportation Research, 60p.

BECKMANN, J.P.; CLEVINGER, A.P.; HUIJSER, M.P.; HILTY, J.A. **Safe Passages: highways, wildlife, and habitat connectivity**. 2010. Island Press, Washington, USA.

CARR, L. W., L. FAHRIG & S. E. POPE. **Impacts of landscape transformation by roads**. 2002. In: K. J. Gutzwiller (Ed) Applying landscape ecology in biological conservation. New York, Springer-Verlag, pp. 225-243.

CCR/GEOTEC. **Estudo de Impacto Ambiental da Duplicação da Rodovia Raposo Tavares (SP-270) Entre o KM 46+700 ao KM 63+000 e do KM 67+000 ao KM 89+700**. Geotec Consultoria Ambiental Ltda., 2018. 5 Volumes. (Já incluso nas citações, mas como CCR/GEOTEC).

CLEVINGER, A. P. & M. P. HUIJSER. **Wildlife crossing structure handbook: Design and evaluation in North America**. 2011. Washington, DC, Federal Highway Administration, 224p. Disponível em: https://roadecology.ucdavis.edu/files/content/projects/DOT-FHWA_Wildlife_Crossing_Structures_Handbook.pdf. Acesso em: 17 ago. 2020.

CONAMA, Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 19 ago. 2020.

CONAMA. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 dez. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

CYMBALUK, F. **Animais na pista: estudo aponta 475 milhões de bichos atropelados por ano nas estradas do Brasil; acidentes matam 300 pessoas**. Estudo aponta 475 milhões de bichos atropelados por ano nas estradas do Brasil; acidentes matam 300 pessoas. 2018. Disponível em: <https://www.uol.com.br/noticias/especiais/animais-na-pista.htm>. Acesso em: 08 set. 2020.

DECISÃO DE DIRETORIA Nº 167/2015/C, de 13 de julho de 2015. **Estabelece procedimento para a Elaboração dos Laudos de Fauna Silvestre para Fins de Licenciamento Ambiental e/ou Autorização para Supressão de Vegetação Nativa**. Diário Oficial da União, São Paulo, SP, 15 jul. 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-167-2015-C-sem-assinaturas.pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER. **Malha Rodoviária do Estado de São Paulo: extensão**. 2019. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/MalhaRodoviaria/ExtensaoMalha2020.pdf>. Acesso em: 14 de julho de 2020.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER. **Malha Rodoviária do Estado de São Paulo**: mapas. 2019. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Documentos/Mapas.aspx>. Acesso em: 02 set. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Monitoramento e mitigação de atropelamento de fauna**, 2012. 1 ed. Brasília: Coleção Estrada Verde, 2012. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/meio-ambiente/colecao-estrada-verde/monitoramento-e-mitigacao-de-atropelamento-de-fauna.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. Ministério da Infraestrutura, 2020. **Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação**. 2020. Disponível em: <https://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/9484>. Acesso em: 14 jul. 2020.

ECOVIAS, **Grupo Ecovias**, 2011. Disponível em: <http://www.ecovias.com.br/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

FONSECA, V. S. C. **Análise dos pontos críticos de atropelamento de animais em rodovias operadas por uma concessionária na região nordeste do Estado de São Paulo e recomendação de medidas mitigadoras**. 2014. 87f. Monografia (Especialização em Gestão e Tecnologias Ambientais) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/Vanessa-Fonseca.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C. R.; HEANUE, K.; JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; TURRENTINE, T.; WINTER, T. C. **Road Ecology: Science and solutions**. 2003. Washington, DC: Island Press, 481 p.

G1; EPTV. **Imagens de época e atuais contam história das rodovias Anhanguera e Bandeirantes**; FOTOS. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2018/12/10/imagens-de-epoca-e-atuais-contam-historia-das-rodovias-anhanguera-e-bandeirantes-fotos.ghtml>. Acesso em: 03 set. 2020.

G1. **Medidas mais usadas em SP reduzem em apenas 3% nº de animais atropelados, diz bióloga da USP**. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2019/03/17/medidas-mais-usadas-em-sp-reduzem-em-apenas-3-no-de-animais-atropelados-diz-biologa-da-usp.ghtml>. Acesso em: 03 set. 2020.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO DISTRITO FEDERAL – IBRAM. **Diagnóstico e proposição de medidas**

mitigadoras para o atropelamento de fauna na BR-020 – Projeto Rodofauna. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Diagnóstico-e-Proposição-de-Medidas-Mitigadoras-para-o-Atropelamento-de-fauna-Resumo-executivo.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2020.

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 184, de 17 de julho 2008. Estabelece, no âmbito desta Autarquia, os procedimentos para o licenciamento ambiental federal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 jul. 2008. Disponível em: http://6ccr.pgr.mpf.mp.br/legislacao/legislacao-docs/instrucoes-normas/IN_184_2008.pdf. Acesso em: 24 de agosto de 2020.

LAUXEN, M.S. **A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: Um guia de procedimentos para tomada de decisão**. 2012. 146f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Diversidade e Conservação da Fauna) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72378/000877896.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 jul. 2020.

LIMA, S.M. & OBARA, A.T. **Levantamento de animais silvestre atropelados na BR-227 às margens do Parque Nacional do Iguaçu**: subsídios ao programa multidisciplinar de proteção à fauna. 2004. Disponível em: http://faunativa.tempsite.ws/downloads/impactos/animais_atropelados_em_rodovias.pdf. Acesso em: 17 jul. 2020.

MORAES, M. M. G.; AMORIM, C. C. Ministério do Meio Ambiente. **Procedimentos de Licenciamento Ambiental do Brasil**. 2. ed. Brasília. 2016. 544 p. Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/images/2018/08/VERSÃO-FINAL-E-BOOK-Procedimentos-do-Licenciamento-Ambiental-WEB.pdf>. Acesso em: 16 set. 2020.

PIMENTA, A. F. F., RATTON, E., BLASI, G. F., SOBANSKI, M. B., ALBACH, D. M. **Gestão para o licenciamento ambiental de obras rodoviárias: conceitos e procedimentos**. Curitiba: UFPR/ITTI, 2014. Disponível em: <https://itti.org.br/wp-content/uploads/2017/06/gestao-para-o-licenciamento-ambiental-de-obras-rodoviaras.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.

PORTARIA Nº 289, de 16 de julho de 2013b. Dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA no licenciamento ambiental de rodovias e na regularização ambiental de rodovias federais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jul. 2013. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/PT0289-160713.pdf>. Acesso em: 24 de agosto de 2020. Brasília, 2013b.

PRADA, C. D. S. **Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo**: Quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. 2004. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Disponível em:

<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/2117/DissCSP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 9 jul. 2020.

R7. **Artesp**: Número de acidentes com animais cai 32,6% em estradas de SP. 2019. Disponível em: <https://noticias.r7.com/sao-paulo/artesp-numero-de-acidentes-com-animais-cai-326-em-estradas-de-sp-04102019>. Acesso em: 08 set. 2020.

ROSA, C.A. **Efeito de borda de rodovias em pequenos mamíferos de fragmentos de florestas tropicais**. 2012. 90p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. Disponível em:

http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1120/1/DISSERTAÇÃO_Efeito%20de%20borda%20de%20rodovias%20em%20pequenos%20mam%C3%ADferos%20de%20fragmentos%20florestais%20tropicais.pdf. Acesso em: 21 jul. 2020.

SCHJOLBERG, U. G. **Could we eat like scavengers?**. 2015. Disponível em: <https://sciencenorway.no/animals-food-forskningno/could-we-eat-like-scavengers/1425353>. Acesso em: 09 set. 2020.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. **Portal Datageo Disponibiliza Dados Sobre Unidades de Conservação de SP**. 2016.

Disponível em:

<https://www.infraestrurameioambiente.sp.gov.br/2016/01/portal-datageo-disponibiliza-dados-sobre-unidades-de-conservacao-de-sp/>. Acesso em: 14 jul. 2020.

SILVA, R. V.; SANTOS, C. R. **Passagem Inferior de Fauna d Cerca Guia Como Forma de Mitigação dos Impactos Ambientais**. Revista Internacional de Ciências, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 74-95, 17 dez. 2015. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/ric.2015.19647>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/19647/14416>. Acesso em: 25 ago. 2020.

TAMOIOS. **Equipes da Concessionária Tamoios apoiam lançamento de vigas de passagem aérea de fauna**. 2015. Disponível em:

<https://concessionariatamoios.com.br/noticias/show/20/equipes-da-concessionaria-tamoios-apoiam-lancamento-de-vigas-de-passagem-aerea-de-fauna>. Acesso em: 19 nov. 2020.

TAMOIOS. **Rodovia dos Tamoios implementa passagem aérea de fauna no trecho de Serra**. 2017. Disponível em:

<https://www.concessionariatamoios.com.br/noticias/show/408/rodovia-dos-tamoios-implementa-passagem-aerea-de-fauna-no-trecho-de-serra>. Acesso em: 19 nov. 2020.

TSUDA, L. S. **Análise dos Atropelamentos de Mamíferos em uma Rodovia no Estado de São Paulo Utilizando Self-Organizing Maps**. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em:

https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2018/08/TSUDA_Larissa_mestrado.pdf. Acesso em: 08 set. 2020.

TSUNOKAWA, K. **Roads and the environment:** a handbook (revised). World technical paper n. 376. Washington: World Bank ISBN, 1997. 240 p. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/pt/904041468766175280/pdf/multi-page.pdf>. Acesso em: 08 set. 2020.