IMPACTO DOS TRANSPORTES NA FAUNA

Simone R. Freitas, Renata R. Mendonça & Marcela B. A. Baptista (eds.)

Anais da "1a Conferência sobre impacto dos transportes na fauna"
3 de novembro a 9 de dezembro de 2021
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) - São Paulo/SP - Brasil

IMPACTO DOS TRANSPORTES NA FAUNA

Anais da "1a Conferência sobre impacto dos transportes na fauna"
3 de novembro a 9 de dezembro de 2021
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) - São Paulo/SP - Brasil

Simone R. Freitas, Renata R. Mendonça &

Marcela B. A. Baptista (eds.)

REALIZAÇÃO:

REET BRASIL

Universidade Federal do ABC

FaunaNews

Ficha Catalográfica

CATALOGAÇÃO NA FONTE
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

I34 Impacto dos transportes na fauna [recurso eletrônico] / Editado por Simone R. Freitas, Renata R. Mendonça e Marcela B. A. Baptista – Santo André, SP: Universidade Federal do ABC, 2023.
285 p. : il.

Disponível em: http://professor.ufabc.edu.br/~simone.freitas/

Anais da "1a Conferência sobre impacto dos transportes na fauna". Evento online realizado de 3 de novembro a 9 de dezembro de 2021 na CETESB (São Paulo, SP, Brasil).

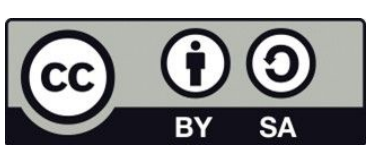
ISBN 978-65-5719-061-6

1. Ecologia de Transportes. 2. Meios de Transporte. 3. Impacto Ambiental. 4. Fauna - Brasil. I. Freitas, Simone Rodrigues, ed. II. Mendonça, Renata Ramos, ed. III. Baptista, Marcela Bentes Alves, ed. IV. Título.

CDD 22 ed. – 577

Elaborado por Tatiana Hyodo – CRB-8/7392

ISBN 9786557190616



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-CompartilhaIgual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0)

IMPACTO DOS TRANSPORTES NA FAUNA

EDIÇÃO

Simone Rodrigues de Freitas

Renata Ramos Mendonça

Marcela Bentes Alves Baptista

REVISÃO DOS CAPÍTULOS

André Regufe Ribeiro

Evelyn Nathália da Silva Cruz

Marcela Bentes Alves Baptista

Simone Rodrigues de Freitas

DESIGN E DIAGRAMAÇÃO

Evelyn Nathália da Silva Cruz

ILUSTRAÇÕES E ARTE FINAL

Evelyn Nathália da Silva Cruz

Universidade Federal do ABC

Avenida dos Estados, 5001, Bairro Bangu, CEP: 09280-560, Santo André, São Paulo, Brasil

ISBN 978-65-5719-061-6

SUMÁRIO

PREFÁCIO ……..……...……... 1

Apresentação dos Anais da "1a Conferência sobre Impacto dos Transportes na Fauna" ……..…….…….. 2
1ª Conferência sobre os impactos dos transportes na fauna …….……...……. 3
Rede Brasileira de Especialistas em Ecologia de Transportes (REET Brasil) ……..…… 9
Apresentação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) ……. 14

IMPACTO DAS RODOVIAS NA FAUNA …….……... 17

Impacto dos transportes rodoviários na fauna: situação atual e perspectivas nos processos de licenciamento ambiental ……..….... 1 9
Padrões de mortalidade por atropelamento e impactos nas populações de vertebrados no Brasil ……...……...…….……...……...…… 30
Projeto Bandeiras & Rodovias: como estudar o tamanduá-bandeira está ajudando a tornar as rodovias mais seguras para todos ……...…… 36
Colisões com mamíferos silvestres nas rodovias do Estado de São Paulo: Implicações para a conservação da fauna, segurança humana e economia …....….. 55
Perfil e análise das ocorrências envolvendo animais em rodovias do Estado de São Paulo (2019-2021) ……...……...… 71
Programa de Proteção à Fauna: estratégia para mitigação do impacto de rodovias ….. 79
Estimativas e análises espaciais de fatalidades de fauna em rodovias com o programa Siriema ……...…..... 91

IMPACTO DAS FERROVIAS NA FAUNA ……... 113

Mitigação de fatalidades de quelônios em ferrovias ……...…… 115
Modelagem geográfica para predição de impactos em áreas protegidas: estudos de caso para o Parque Indígena do Xingú …….……... 123

IMPACTO DA AVIAÇÃO NA FAUNA ……..…….. 140

Panorama geral do impacto da aviação na fauna …… 142
Gerenciamento de risco de fauna em aeródromos …….…. 151

IMPACTO DAS HIDROVIAS E PORTOS NA FAUNA ……... 212

Modal aquaviário: impactos e monitoramentos ambientais ……... 214
Emergências ambientais: Preparação e atendimento no modal aquaviário ……... 225
Resposta à fauna oleada em emergências ambientais no modal aquaviário ……..… 236
Impactos e importância dos monitoramentos de fauna no modal aquaviário com ênfase nos cetáceos e quelônios …….……... 246
Impacto de hidrovias e portos no plâncton e bentos ……..... 254

CONHEÇA OS AUTORES ……... 262

PREFÁCIO

APRESENTAÇÃO DOS ANAIS DA "1A CONFERÊNCIA SOBRE IMPACTO DOS TRANSPORTES NA FAUNA"

Simone R. Freitas[*] *e Renata Ramos Mendonça*[**]

[*]Universidade Federal do ABC (UFABC) e Vice-presidente da REET Brasil (2019-2022)
[**]Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental (CETESB)

O livro "Impacto dos Transportes na Fauna" é fruto da *"1ª Conferência sobre impacto dos transportes na fauna"*, organizada pela REET Brasil[1] em parceria com a CETESB[2], e da parceria da REET Brasil e do Fauna News[3].

Os palestrantes e professores dos minicursos da *"1ª Conferência sobre impacto dos transportes na fauna"* foram convidados para escrever capítulos sobre o conteúdo apresentado durante o evento. Assim, os capítulos são uma revisão sobre o impacto dos diferentes modais de transportes, incluindo rodovias, ferrovias, aeroportos, hidrovias e portos, sobre a fauna no Brasil.

A parceria da REET Brasil e do Fauna News consiste na publicação de textos, por sócios da REET Brasil, na seção "Fauna e Transportes"[4] do Fauna News. Alguns capítulos são textos da seção "Fauna e Transportes". Recomendamos a leitura dos textos mais recentes da seção "Fauna e Transportes" como forma de atualização dos conhecimentos aqui debatidos.

O livro "Impacto dos Transportes na Fauna" tem como objetivo ser uma referência na área de Ecologia de Transportes, mostrando o conhecimento construído até o momento no Brasil. O impacto dos transportes na fauna é um tema de estudo interdisciplinar e uma área de desenvolvimento de tecnologia e inovação, envolvendo biólogos, veterinários, engenheiros, tanto nas universidades, quanto em empresas de consultoria ambiental; empresas que gerenciam rodovias, ferrovias, aeroportos e portos; e, setores do governo responsáveis pela gestão ambiental nos níveis nacional, estadual e municipal.

O livro é gratuito e está em formato digital para que todos os interessados no tema tenham acesso e possam divulgá-lo o máximo possível. Assim, esperamos que a área de Ecologia de Transportes se desenvolva cada vez mais no Brasil.

1 https://reetbrasil.wixsite.com/reetbrasil
2 https://cetesb.sp.gov.br/
3 https://faunanews.com.br/
4 https://faunanews.com.br/category/fauna-e-transportes/

1A CONFERENCIA SOBRE IMPACTOS DE TRANSPORTES NA FAUNA

CETESB e REET Brasil

A 1ª Conferência sobre impacto dos transportes na fauna, organizada pela REET Brasil em parceria com a CETESB, foi realizada de 3 de novembro a 9 de dezembro de 2021, em formato remoto, na CETESB. A programação contou com 2 palestras, 6 mesas-redondas e 4 minicursos. Foram 125 inscritos no evento e 33 certificados emitidos (com, pelo menos, 75% de presença nas mesas-redondas e palestras transmitidas no canal da CETESB no YouTube). Os vídeos das palestras e mesas-redondas estão disponíveis no canal da REET Brasil no YouTube: https://youtube.com/playlist?list=PLZvliKo-zWZrNPzVAo6idXCbGKOFzZUXm

Semana	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira
1 a 5/11			Abertura e Mesa-redonda "Impacto dos Transportes na Fauna"	Palestra de Clara Grilo	
8 a 12/11	Minicurso Aviação: Aula 1	Minicurso Aviação: Aula 2	Mesa-redonda "Rodovias"	Minicurso Atropelados: Aula 1	Minicurso Atropelados: Aula 2
15 a 19/11	FERIADO	Minicurso Aviação: Aula 3	Mesa-redonda "Ferrovias"	Minicurso Atropelados: Aula 3	Minicurso Atropelados: Aula 4
22 a 26/11	Minicurso Aviação: Aula 4	Minicurso Hidrovias e Portos: Aula 1	Mesa-redonda "Aviação"	Minicurso Siriema: Aula 1	Minicurso Siriema: Aula 2
29/11 a 3/12	Minicurso Hidrovias e Portos: Aula 2	Minicurso Hidrovias e Portos: Aula 3	Mesa-redonda "Hidrovias e Portos"	Minicurso Siriema: Aula 3	Minicurso Siriema: Aula 4
6 a 10/12	Minicurso Hidrovias e Portos: Aula 4		Mesa-redonda "Impacto dos transportes na fauna: situação atual e perspectivas"	Palestra de Arnaud Desbiez	

PALESTRAS

Palestra de Clara Grilo (CESAM/UFLA): 4/11/2021 das 17:00 às 19:00 (Mediação: Simone Freitas, REET Brasil)

Título: Padrões de mortalidade por atropelamento e impactos nas populações de vertebrados no Brasil

Vídeo no YouTube: https://youtu.be/VNu7fiwfbFI (420 visualizações até 4/08/2023)

Palestra de Arnaud Desbiez (ICAS): 9/12/2021 das 17:00 às 19:00 (Mediação: Simone Freitas, REET Brasil)

Título: Projeto Bandeiras & Rodovias

Vídeo no YouTube: https://youtu.be/s3lf97mJ1Ww (301 visualizações até 4/08/2023)

MESAS-REDONDAS

"Introdução sobre impacto dos transportes na fauna": 3/11/2021 das 17:30 às 19:00 (Mediação Rodrigo Passos Cunha, gerente da Divisão de Avaliação de Transporte da CETESB)

Vídeo no YouTube: https://youtu.be/OPtQ7QTCIWE (868 visualizações até 4/08/2023)

Tema das palestras	Palestrantes	Conteúdo
Introdução sobre Rodovias	Renata Ramos Mendonça (CETESB)	Licenciamento ambiental sobre os impactos das rodovias sobre a fauna
Introdução sobre Ferrovias	Fernanda Teixeira (NERF/UFRGS)	Licenciamento ambiental sobre os impactos das ferrovias sobre a fauna (particularidades das ferrovias em relação às rodovias)
Introdução sobre Aviação	Mariane R. Biz Silva (ProHabitat Assessoria Ambiental)	Impactos dos aeroportos na fauna
Introdução sobre Hidrovias e Portos	Helio Secco (FALCO Ambiental)	Licenciamento ambiental sobre o risco de fauna em portos e hidrovias

“Impacto das rodovias na fauna e medidas de mitigação”: 10/11/2021 das 17:00 às 19:00 (Mediação Vanessa S Cavaglieri Fonseca, Técnica do Setor de Avaliação de Empreendimentos Rodoviários da CETESB)

Vídeo no YouTube: https://youtu.be/jkTSVCiGFPU (658 visualizações até 4/08/2023)

Título das palestras	Palestrantes
“Novos caminhos" para a conservação da fauna em empreendimentos rodoviários	Fernanda Abra (ViaFAUNA Consultoria Ambiental)
Programa de Proteção à Fauna: estratégia para mitigação do impacto de rodovias	Thais Pagotto (Concessionária Alto Raposo Tavares)
Fatalidades e mitigação para anfíbios arborícolas: alguns desafios e aprendizados	Caroline Zank (NERF/UFRGS)

“Impacto das ferrovias na fauna e medidas de mitigação”: 17/11/2021 das 17:00 às 19:00 (Mediação Regina de Castro Vincent, Gerente do Setor de Avaliação de Empreendimentos Não Rodoviários da CETESB)

Vídeo no YouTube: https://youtu.be/MCcEvpLCiPI (563 visualizações até 4/08/2023)

Título das palestras	Palestrantes
Impactos indiretos a médio e longo prazo em áreas adjacentes e distantes causadas pela mudança de demanda e de fluxo viário	Rodrigo A. A. Nóbrega (UFMG)
Mitigação de fatalidades de quelônios em ferrovias	Tatiane Bressan (Rumo)
Protocolos para monitoramento de fatalidades de fauna e de efetividade de medidas mitigadoras em ferrovias	Bibiana Terra Dasoler (NERF/UFRGS)

“Impacto do ruído aeronáutico na fauna”: 24/11/2021 das 17:00 às 19:00 (Mediação Mariane R. Biz Silva, REET Brasil)

Vídeo no YouTube: https://youtu.be/17uXzzzrRao (426 visualizações até 4/08/2023)

Título das palestras	Palestrantes
Como o ruído aeronáutico afeta a fauna	Renata Alquezar (Universidade de Brasília)
Quais são as normas existentes sobre ruído e possibilidades de inclusão da dimensão fauna	Moisés Araújo (Aeroportos Brasil)

“Impacto de hidrovias e portos na fauna”: 1/12/2021 das 17:00 às 19:00 (Mediação Helio Secco, REET Brasil)

Vídeo no YouTube: https://youtu.be/VLYX58VoWQk (401 visualizações até 4/08/2023)

Título das palestras	Palestrantes
Biota Rio Paraguai x Interação Hidrovias	Daniel Kantek (ICMBio)
Cetáceos e Quelônios	Fernando Augusto Silva Hardt (ETHOS Serviços Técnicos LTDA.)
Plâncton e Bentos	Angeline Saucsen Weisheimer (Grupo Acquaplan)

“Impacto dos transportes na fauna: situação atual e perspectivas”: 8/12/2021 das 17:00 às 19:00 (Mediação Rodrigo Passos Cunha, gerente da Divisão de Avaliação de Transporte da CETESB)

Vídeo no YouTube: https://youtu.be/yo-Hq78ImSM (405 visualizações até 4/08/2023)

Título das palestras	Palestrantes
Resultados do evento e próximos passos sobre Rodovias	Ana Luisa Mengardo (CETESB)
Resultados do evento e próximos passos sobre Ferrovias	Fernanda Teixeira (NERF/UFRGS)
Resultados do evento e próximos passos sobre Aviação	Mariane R. Biz Silva (ProHabitat Assessoria Ambiental)
Resultados do evento e próximos passos sobre Hidrovias e Portos	Helio Secco (FALCO Ambiental)

MINICURSOS

Curso: Elaboração e aplicação de Plano de Manejo de Fauna em aeródromo

Período: 8, 9, 16 e 22/11/2021

Coordenação Técnica: Weber Galvão Novaes (ProHabitat Assessoria Ambiental) e Paola Mihaly (CETESB)

Coordenação Executiva: Lina Maria Aché e Lucia Helena de Souza Cleto (PDGF/CETESB)

Docentes: Mariane Rodrigues Biz Silva (ProHabitat Assessoria Ambiental) e Weber Galvão Novaes (ProHabitat Assessoria Ambiental)

Ementa: Introdução ao Gerenciamento de Risco de Fauna em Aeródromo e Legislação aplicável ao tema; Medidas de Gerenciamento de Risco de Fauna em Aeródromo; Avaliação de Risco de Fauna: definição das espécies-problema; Elaboração do Plano de Manejo de Fauna em Aeródromo em conformidade com a Resolução CONAMA n. 466.

Número de alunos: 62

Curso: Monitoramento de animais atropelados em rodovias e ferrovias

Período: 11, 12, 18 e 19/11/2021

Coordenação Técnica: Andreas Kindel (NERF/UFRGS) e Paola Mihaly (CETESB)

Coordenação Executiva: Lina Maria Aché e Lucia Helena de Souza Cleto (PDGF/CETESB)

Docentes: Andreas Kindel (NERF/UFRGS), Talita Menger Ribeiro (NERF/UFRGS) e Luiza Teixeira Almeida (NERF/UFRGS)

Ementa: 1) Apresentação da equipe; 2) Introdução e contextualização curso; a) Por que avaliar o atropelamento de fauna e o que precisamos saber? b) Como avaliar o atropelamento de fauna? - Abordagens disponíveis; - Métodos baseados na observação de carcaças ; 3) Quantos animais morrem? a) Desenhos amostrais para estimar quantos animais morrem para planejar mitigação ou avaliar efetividade da mitigação; b) Detecção imperfeita: as diferentes fontes de erro da amostragem; c) Eficiência do observador – experimentos ou observações? d) Persistência das carcaças – experimentos ou observações?; 4) Onde morrem mais animais? a) Por que estimar os locais com maior número de atropelamentos? b) Amostragem de padrões espaciais de fatalidades; c) Como priorizar?; 5) Apresentação de estudos de caso dos participantes e discussão de dúvidas.

Número de alunos: 48

Curso: Impactos e monitoramento de fauna no modal aquaviário

Período: 23, 29 e 30/11 e 6/12/2021

Coordenação Técnica: Andréa Almeida Lopes de Deus (Portos do Paraná), Juliana Lopes Vendrami (Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina) e Paola Mihaly (CETESB)

Coordenação Executiva: Lina Maria Aché e Lucia Helena de Souza Cleto (PDGF/CETESB)

Docentes: Andréa Almeida Lopes de Deus (Portos do Paraná), Fernando Augusto Silva Hardt (ETHOS Serviços Técnicos LTDA.), Juliana Lopes Vendrami (Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina) e Letícia de Paulo Koproski (Tríade – Instituto Brasileiro para a Medicina da Conservação)

Ementa: Infraestrutura do modal aquaviário, impactos na fauna e monitoramentos ambientais no âmbito do licenciamento ambiental de empreendimentos portuários; Impactos das obras de manutenção dos canais de navegação (dragagem e derrocagem) na fauna aquática, com foco em cetáceos e quelônios; Impactos na fauna em emergências ambientais por poluição por hidrocarbonetos – legislação, responsabilidades e preparação para resposta nos portos; Impactos na fauna em emergências ambientais por poluição por hidrocarbonetos – preparo e resposta de atendimento à fauna.

Número de alunos: 30

Curso: Análise de dados Siriema

Período: 25, 26/11 e 2 e 3/12/2021

Coordenação Técnica: Júlia Beduschi (NERF/UFRGS), Larissa Oliveira Gonçalves (NERF/UFRGS) e Paola Mihaly (CETESB)

Coordenação Executiva: Lina Maria Aché e Lucia Helena de Souza Cleto (PDGF/CETESB)

Docentes: Júlia Beduschi (NERF/UFRGS), Larissa Oliveira Gonçalves (NERF/UFRGS), Barbara Zucatti Rangel (NERF/UFRGS), Bibiana Terra Dasoler (NERF/UFRGS), Fernanda Zimmermann Teixeira (NERF/UFRGS), Ingridi Camboim Franceschi (NERF/UFRGS)

Ementa: Apresentação da equipe que ministrará o curso; Como estimar quantos animais morrem: incorporando a eficiência do observador e a remoção das carcaças - aula teórica; Entrada de dados e análises da estimativa de quantos animais morrem - aula prática; -Calcular tempo de remoção; -Calcular a eficiência do observador; -Rodar a estimativa; -Exercícios de quantos animais morrem; Por que identificar padrões espaciais de mortalidade; Como estimar onde os animais morrem (análises K de Ripley e Hotspots) - aula teórica; Entrada de dados e análises da estimativa de onde os animais morrem - aula prática; Exercícios de onde os animais morrem; Dúvidas e estudos de caso.

Número de alunos: 27

REDE BRASILEIRA DE ESPECIALISTAS EM ECOLOGIA DE TRANSPORTES (REET BRASIL)

Clarissa Alves da Rosa[*] *e Simone R. Freitas*[**]

[*]Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Presidente da REET Brasil (2019-2022)
[**]Universidade Federal do ABC (UFABC) e Vice-presidente da REET Brasil (2019-2022)

O QUE É A REET BRASIL E SEU PAPEL NA *1ª CONFERÊNCIA SOBRE IMPACTO DOS TRANSPORTES NA FAUNA*

A Rede Brasileira de Especialistas em Ecologia de Transportes (REET Brasil) é uma associação sem fins lucrativos que agrega profissionais das mais diversas áreas de transportes, incluindo cientistas, técnicos, gestores, funcionários públicos de órgãos ambientais e de transporte e estudantes. A REET Brasil tem o objetivo social de promover, defender e difundir informações técnicas e científicas relacionadas à Ecologia de Transportes com o intuito de fomentar e de promover o desenvolvimento sustentável, a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas afetados, direta e indiretamente, por empreendimentos de transportes terrestres, fluviais e aéreos.

Diante disso, a REET Brasil se uniu à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para realização da *1ª Conferência sobre Impactos dos Transportes na Fauna*, que ocorreu, no formato online, no final de 2021. Como órgão ambiental responsável pelo licenciamento ambiental no estado de São Paulo, a CETESB lida no seu dia a dia com questões ligadas ao diagnóstico, monitoramento e mitigação de impactos da fauna ligados ao setor de transportes. Sendo assim, CETESB e REET Brasil tiveram por objetivo promover um espaço de diálogo entre os diferentes atores envolvidos nessa questão da fauna ligada sobretudo ao licenciamento ambiental de rodovias, ferrovias, aeroportos, portos e hidrovias.

ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA REET BRASIL

Atualmente a REET Brasil conta com quase 300 membros associados, a maioria (64%) sediados nas regiões sul e sudeste do país. Os associados da REET Brasil possuem as mais diversas formações acadêmicas e áreas de atuação, porém biólogos, ecólogos e afins se destacam perfazendo 80% dos associados, visto sobretudo que a REET Brasil atua na promoção de práticas sustentáveis de transportes que garantam a conservação da biodiversidade e ecossistemas. Da mesma forma, a maioria dos associados (48%) são acadêmicos, porém com uma expressiva participação de profissionais que atuam na consultoria ambiental (24%), além de servidores públicos civis e militares, representantes de concessionárias de transportes e organizações não governamentais, entre outros (Figura 1).

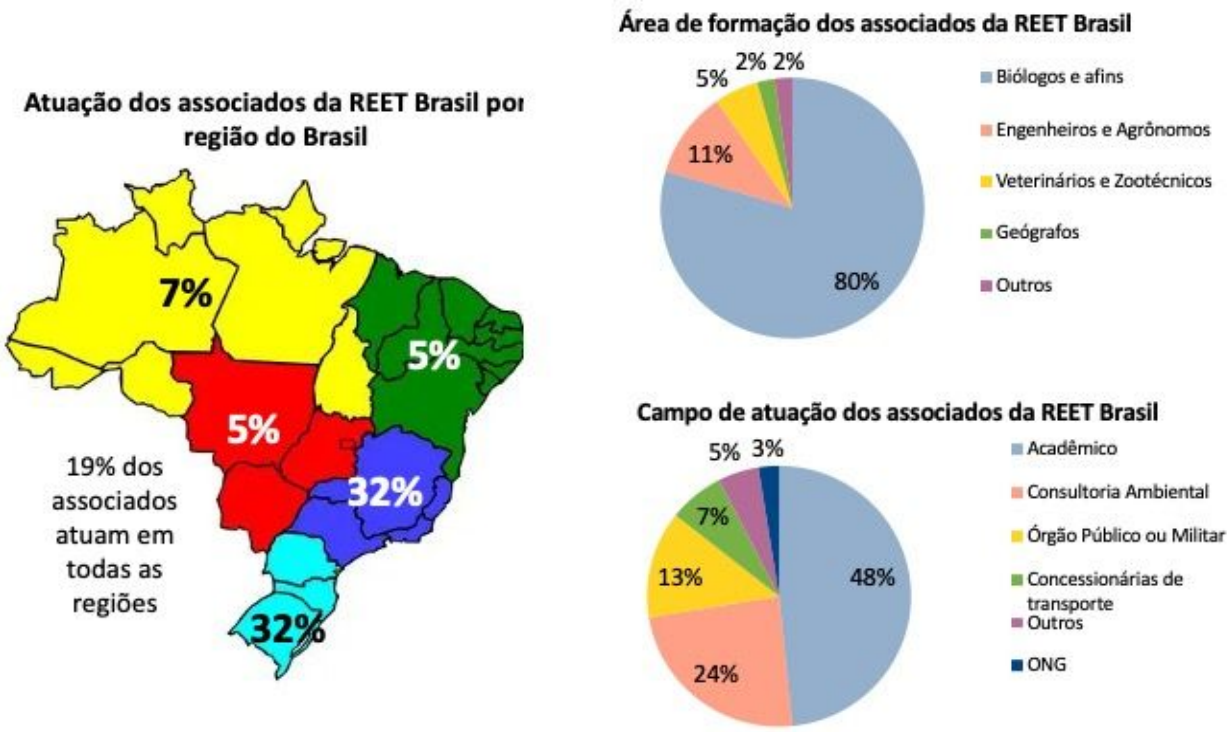


Figura 1 – Atuação e formação acadêmica dos associados da REET Brasil (panorama de agosto de 2022).

A concentração de profissionais da área ambiental no sul e sudeste do Brasil é uma constante nas mais diversas áreas de atuação e não é diferente no setor de transportes. No entanto, regiões

como o centro-oeste e norte do Brasil possuem altos índices de diversidade de espécies e de cobertura vegetal natural, ao mesmo tempo que possuem diversos projetos de implantação e ampliação da malha de transportes, sobretudo de rodovias e ferrovias. Sendo assim, a REET Brasil tem como meta aumentar a representatividade de associados sediados ou que atuam nessas regiões. Para ampliar essa participação, a REET Brasil é estruturada em uma Diretoria Nacional e Núcleos Regionais. A REET Brasil entende que os profissionais locais são os mais aptos a entender e atuar nos problemas locais de cada região, ao mesmo tempo que a troca de conhecimento e experiências com profissionais das mais distintas regiões do Brasil e do mundo é necessária para uma atuação de excelência. Sendo assim, os Núcleo Regionais atuam de forma independente, porém regidos por Estatuto Social e gerência da Diretoria Nacional, e tem o objetivo principal de manter o intercâmbio de informações regionais, nacionais e internacionais.

Como forma de padronizar e organizar as ações da REET Brasil, buscando cumprir o que dita seu Estatuto Social, a REET Brasil possui diversas diretrizes escritas para suas ações, como protocolos de atuação da REET Brasil em manifestações oficiais e redes sociais e normas para divulgação de imagens gratuitas e livres de direitos autorais.

COMO A REET BRASIL ATUA NO SETOR DE TRANSPORTES BRASILEIRO

A REET Brasil possui canais exclusivos de comunicação entre seus associados onde discussões sobre temas ligados a transporte são realizadas diariamente, além de canais de comunicação com a sociedade em geral, sobretudo através de suas redes sociais ou na promoção de trabalhos de divulgação técnica e científica.

Na comunicação interna entre associados, quando é identificado um tema específico que necessita de uma ação da REET Brasil, o mesmo é discutido entre os associados e, se necessário, grupos de trabalhos (GTs) são criados. Um exemplo de GT é o da Estrada do Colono no interior do Parque Nacional do Iguaçu, no estado do Paraná, onde a REET Brasil, com outros órgão públicos e privados, atuou na avaliação da necessidade e custo-benefício econômico e ambiental da reabertura dessa estrada no interior do maior fragmento florestal de Mata Atlântica do Brasil. Na ocasião, a REET Brasil emitiu parecer oficial conjunto a outros órgãos públicos e privados, além de um manifesto para alertar dos potenciais impactos da reabertura da Estrada do Colono os quais, aos olhos da REET Brasil, são demasiados altos para justificar sua reabertura. O manifesto foi

divulgado pelo canal de comunicação O ECO[5] , no próprio site da REET[6], e endereçado a representantes do poder público.

Os manifestos públicos são uma ferramenta utilizada pela REET Brasil para abordar questões importantes de cunho ambiental ligado ao setor de transportes no Brasil. Além do manifesto da Estrada do Colono, a REET Brasil já emitiu manifesto referente à estrada BR-319 (Manaus-Porto Velho), onde foi expressada a preocupação com a terraplenagem de diversas áreas de preservação permanente (APPs) e apresentando argumentos técnicos que são imprescindíveis ao adequado juízo acerca do projeto de engenharia apresentado para o trecho do km 250 ao km 655,7 da estrada BR 319/AM. O manifesto foi divulgado pelo canal de comunicação O ECO[7]. O manifesto também gerou um artigo de opinião escrito pelos associados da REET Brasil que foi publicado no periódico científico de alcance internacional *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*[8].

Se destaca também o manifesto sobre o Arco Metropolitano que poderá cortar a Área de Proteção Ambiental (APA) Aldeia-Beberibe que teve a intenção de apresentar argumentos técnicos que são imprescindíveis ao adequado juízo acerca do projeto do Arco Rodoviário Metropolitano cortando a APA Aldeia-Beberibe na região metropolitana do Recife. No manifesto, a REET Brasil teve como principal foco propor um traçado alternativo que evite cortar a APA Aldeia-Beberibe com base nos elevados impactos ambientais previstos com a implantação da referida proposta do Arco Metropolitano e nas vantagens adicionais socioeconômicas do traçado proposto no manifesto. O manifesto pode ser acessado no site da REET Brasil[9].

Além dos manifestos, e tendo como premissa básica a troca de conhecimentos e interface entre academia e setores técnicos, a REET Brasil também desenvolveu um documento de Procedimentos de Coleta e Armazenamento de Amostras de Animais Atropelados, com diretrizes para coleta e armazenamento de amostras de animais atropelados para facilitar parcerias entre os diferentes atores envolvidos com estudos associados ao atropelamento de fauna no Brasil, sejam associados da REET Brasil ou não, incluindo profissionais que coletam dados em campo, até pesquisadores em laboratórios que utilizam o material biológico coletado para subsidiar suas pesquisas.

5 https://www.oeco.org.br/analises/estrada-parque-e-balela-para-desmatar-um-dos-principais-parques-do-pais/
6 https://reetbrasil.wixsite.com/reetbrasil/do
7 https://www.oeco.org.br/reportagens/projeto-de-pavimentacao-da-br-319-ignora-regras-e-preve-entrega-em-2022/
8 https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aqc.3544?af=R
9 https://reetbrasil.wixsite.com/reetbrasil/do

A REET Brasil também participou de inúmeros congressos e eventos técnicos e científicos entre 2019 e 2022, com a execução de palestras e apresentação de trabalhos sobre transportes e sustentabilidade, além de promover webinários e entrevistas de associados, vídeos de divulgação, artigos científicos e de divulgação científica com foco na comunicação com a sociedade, com destaque para a parceria com o portal de notícias *Fauna News*[10], onde mensalmente a REET Brasil publica textos para discutir impactos e soluções para o setor de transportes no que tange à fauna. Cabe destacar que todas essas ações são descentralizadas, ou seja, são realizadas pelos mais diversos associados da REET Brasil e coordenados pela Diretoria Nacional e Diretoria dos Núcleos Regionais.

A REET Brasil organizou webinários e entrevistas que estão disponíveis no seu canal no YouTube[11]. Em 2020, houve a realização de dois webinários: "Rodovias sustentáveis na Amazônia: o caso da BR 319?"[12] e "Aproveitamento de espécimes provenientes de empreendimentos de transporte"[13] e quatro entrevistas (Cecília Bueno[14], Paulo Hartmann[15], Rubem Dornas[16] e Ricardo Braga[17]). Os vídeos no YouTube incluem também apresentação de trabalhos em eventos científicos e *playlists*, cujo destaque, são as mesas-redondas e palestras da *1ª Conferência sobre impacto dos transportes na fauna*[18], que estão disponíveis para quem quer conhecer mais sobre Ecologia de Transportes, particularmente Ecologia de Estradas.

Finalmente, com a CETESB, a REET Brasil organizou o primeiro evento desde sua concepção em 2019, a *1ª Conferência sobre impacto dos transportes na fauna*, foco deste livro. Sendo assim, a REET Brasil agradece à CETESB e todas as pessoas envolvidas na concepção desse evento. Que sigamos juntas e juntos em busca de mais avanços que permitam o desenvolvimento de estruturas de transportes cada vez mais eficientes e sustentáveis.

10 https://faunanews.com.br/
11 https://www.youtube.com/channel/UCKM1G429qbqz1k_4iEhoK4w/
12 https://youtu.be/4aCD1mPGXVI
13 https://youtu.be/NII1ie4xsYE
14 https://youtu.be/NGihDVq2wPw
15 https://youtu.be/McoBQnLYPjo
16 https://youtu.be/3q5kafsVNyM
17 https://youtu.be/MvST_8j_SCE
18 https://youtube.com/playlist?list=PLZvliKo-zWZrNPzVAo6idXCbGKOFzZUXm

APRESENTAÇÃO DA COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB)

Equipe CETESB

CONTEXTUALIZAÇÃO

A implantação, ampliação e operação de diversos empreendimentos de transporte (terrestres, aquáticos ou aéreos) são muito importantes para o desenvolvimento econômico de regiões. No entanto, essas atividades têm o potencial de causar diversos impactos na biodiversidade, especialmente no que diz respeito à fauna. Dentro do procedimento de licenciamento ambiental de obras de transporte o tema da proteção à fauna é cuidadosamente analisado, para que possa ser prevenido, mitigado e compensado.

Ao ensejo do aumento da preocupação e da crescente produção científica sobre o tema, a CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo tem buscado uma conexão mais afinada entre as ciências ambientais, as políticas públicas e a sua atuação, enquanto órgão licenciador e de fiscalização, notadamente no que se refere ao aprimoramento do seu corpo técnico, fomentando a capacitação das equipes.

Nesse prisma, em dezembro de 2019 a Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental da CETESB organizou um "Encontro Técnico Sobre Atropelamento de Fauna em Rodovias", que contou com a participação de operadores de rodovias, Departamento de Fauna, Fundação Florestal, Universidades e Ministério Público, para discutir aspectos da Decisão de Diretoria CETESB nº 141/18/I, que dispõe sobre a aprovação dos "Critérios para a destinação de animais mortos em rodovias"; e em março de 2020 foi realizado o "Curso sobre a Avaliação da Mortalidade de Fauna em Empreendimentos Viários e Planejamento da sua Mitigação", ministrado pelos pesquisadores do Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o apoio da Escola Superior da CETESB.

Todo esse contexto vem se refletindo no dia a dia, de modo que a cada processo de licenciamento procura-se o aperfeiçoamento das ações e a implementação de ajustes efetivos e

eficazes para o controle e a mitigação dos impactos de rodovias e outros modais em relação à fauna, buscando trabalhar para o meio ambiente duradouramente sadio, respeitada a "prioridade absoluta" nos termos expressos da Constituição Federal, no art 225[19].

Nessa perspectiva, cita-se a criação do Grupo de Trabalho visando a elaboração de regramento para implementação de Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna em Rodovias Estaduais, previsto pela Resolução da Presidência nº 27/2021/P, de 28/06/2021. A edição desse regramento representará importante instrumento para a gestão da fauna no Estado, permitindo que esta esteja efetivamente baseada em dados aferíveis por meio de indicadores quantitativos e qualitativos.

Como mais um exemplo da especial atenção investida nesse tema, a equipe da CETESB, em parceria com a Rede Brasileira de Especialistas em Ecologia de Transportes, organizou, no final de 2021, a "1ª Conferência sobre Impactos dos Transportes na Fauna", evento aberto, com mesas-redondas, palestras e minicursos, destinado aos representantes de Agências Públicas reguladoras, da Polícia Rodoviária e da Polícia Militar Ambiental, profissionais, pesquisadores, estudantes de diferentes formações, envolvidos na área de transportes, avaliação de impactos ambientais e ecologia e público em geral, com a participação, inclusive, de especialistas internacionais, para discussão e debate sobre esse tema, tão difundido e estudado no mundo.

A Conferência foi um espaço de troca e diálogo entre os atores e interessados que buscam o modelo de transportes e vias sustentáveis, sob os pontos de vista ambiental, social e econômico. Alguns dos resultados desse diálogo são a melhoria do processo de licenciamento e a conscientização do público-alvo, possibilitando que novas solicitações de licenciamento dessa tipologia sejam mais adequadas, visando tornar mais eficiente a gestão e mais aproximada do paradigma da sustentabilidade.

[19] "Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

[...]

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

[...]".

A 1ª CONFERÊNCIA SOBRE IMPACTO DOS MEIOS DE TRANSPORTE NA FAUNA

Muitas áreas da CETESB estiveram envolvidas no evento, demonstrando capacidade e contribuindo com novos conhecimentos, sem deixar de mencionar a dedicação dos envolvidos na preparação e realização da Conferência, destacando-se:

- Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental, Divisão de Licenciamento de Empreendimentos de Transportes (ILT), Setor de Licenciamento de Empreendimentos de Transporte Não Rodoviário (ILTT), Setor de Licenciamento de Empreendimentos de Transporte Rodoviário (ILTR): responsável pelo licenciamento ambiental de empreendimentos de transporte, avaliando sua localização, instalação, ampliação e a operação.
- Divisão de Gestão do Conhecimento (PDG), Setor de Capacitação e Formação Continuada (PDGF) e Setor de Cursos e Transferência de Conhecimento (PDGC), áreas responsáveis por: (a) gerenciar as atividades da Escola Superior da CETESB; (b) proporcionar o apoio logístico (infraestrutura das salas de aulas, equipamentos, recursos humanos); (c) apoiar programas de capacitação técnica e aperfeiçoamento profissional, para públicos interno e externo, em cooperação com outras unidades da Companhia e entidades externas; (d) coordenar o planejamento e a execução da capacitação e da atualização profissional dos Empregados da CETESB em temas relacionados às atividades da empresa.
- Setor de Eventos (PPSE) e Setor de Mídias Eletrônicas (PPSM), responsáveis por: organizar seminários, encontros técnicos, workshops e eventos em geral; divulgar eventos internos e externos; planejar a arquitetura de navegação dos links e conexões nas páginas publicadas na WEB e na rede interna.

A CETESB agradece a todas as equipes envolvidas na realização da Conferência.

IMPACTO DAS RODOVIAS NA FAUNA

IMPACTO DAS RODOVIAS NA FAUNA

Impacto dos transportes rodoviários na fauna: situação atual e perspectivas nos processos de licenciamento ambiental
Ana Luisa Mengardo, Camilo Fragoso Giorgi, Juliana Moreno Pina, Vanessa Suzana Cavaglieri e Renata Ramos Mendonça

Padrões de mortalidade por atropelamento e impactos nas populações de vertebrados no Brasil
Clara Grilo

Projeto Bandeiras & Rodovias: como estudar o tamanduá-bandeira está ajudando a tornar as rodovias mais seguras para todos
Erica Naomi Saito, Mariana Labão Catapani, Débora Regina Yogui, Yuri Geraldo Gomes Ribeiro, Andréia Nasser Figueiredo, Miriã Ribeiro Costa, Victor Gonçalves de Castro, Luis Augusto Akasaki, Audrey Brisseau, Ana Carolina Horta Borges, Vinicius Alberici, Mario Alves, Beatriz Cecato Dumalakas, Danilo
Kluyber, Fernando Ascensão, Fernanda Delborgo Abra e Arnaud Leonard Jean Desbiez

Colisões com mamíferos silvestres nas rodovias do Estado de São Paulo: Implicações para a conservação da fauna, segurança humana e economia
Fernanda Delborgo Abra, Marcel Pieter Huijser e Katia Maria Micchi de Barros Ferraz.

Perfil e Análise das Ocorrências Envolvendo Animais em Rodovias do Estado de São Paulo (2019- 2021)
Renata Ramos Mendonça, Thales Andrés Carra e Vinicius Travalini

Programa de Proteção à Fauna: estratégia para mitigação do impacto de rodovias
Thaís Pagotto

Estimativas e análises espaciais de fatalidades de fauna em rodovias com o programa Siriema
Larissa Oliveira Gonçalves, Júlia Beduschi, Bibiana Terra Dasoler, Barbara Zucatti e Fernanda Zimmermann Teixeira

IMPACTO DOS TRANSPORTES RODOVIÁRIOS NA FAUNA: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS NOS PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Ana Luisa Mengardo[*], *Camilo Fragoso Giorgi*[*], *Juliana Moreno Pina*[*], *Vanessa Suzana Cavaglieri*[*] *e Renata Ramos Mendonça*[**]

[*]Setor de Licenciamento de Empreendimentos de Transporte Rodoviário – ILTR/CETESB

[**]Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental – I/CETESB

SETOR DE LICENCIAMENTO DE EMPREENDIMENTOS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO (ILTR/CETESB)

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é o órgão responsável pelo licenciamento com avaliação de impacto ambiental no Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2014). O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo por meio do qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas poluidoras ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

A Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental da CETESB está dividida em Departamentos, dentre os quais o Departamento de Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental, que abriga o Setor de Licenciamento de Empreendimentos de Transporte Rodoviário (ILTR). O ILTR lida, dentre inúmeras outras atribuições, com as questões envolvendo a fauna dentro do escopo do licenciamento ambiental de transportes rodoviários.

Nessa medida, o ILTR atua em duas frentes principais: nas Rodovias Estaduais e em viários municipais. Entre as tipologias de empreendimentos que são analisados no Setor destacam-se em Rodovias Estaduais:

- Implantação de rodovia (contornos, prolongamentos, perimetrais e trechos do Rodoanel);
- Ampliação de viário (duplicações);
- Implantação de dispositivos e de marginais;
- Implantação e adequação de estradas em Unidades de Conservação;

E em Viários Municipais:

- Implantação de novas vias e prolongamento de vias municipais existentes (SÃO PAULO, 2018).

Além destes, em alguns casos também há a participação em processos de licenciamento ambiental com avaliação de impacto em Rodovias Federais, nos casos de ampliação de viário com até 200 km de extensão e, que estejam inseridas no estado de São Paulo.

O ILTR é composto por uma equipe multidisciplinar, o que enriquece as análises internas, estando cada técnico em constante aperfeiçoamento de suas habilidades profissionais. Faz parte da rotina de trabalho a análise dos estudos ambientais, a gestão do processo de licenciamento ambiental, as solicitações complementares, as fiscalizações, as autuações e atendimento às denúncias, entre outras atribuições. A temática da fauna pode estar presente em todos os momentos, desde análise de levantamento da composição faunística de uma implantação de viário, como por exemplo, passando pela fiscalização do cumprimento das condicionantes postuladas nas licenças ambientais emitidas, até atendimentos pontuais a situações de ocorrências envolvendo a fauna em trechos de viários que não estão em processo de licenciamento ambiental em andamento na CETESB.

NORMATIVAS E e-CENÁRIOS CETESB

Algumas normativas internas recentes foram absorvidas na rotina de trabalho relacionado à fauna no ILTR e por este motivo serão brevemente citadas:

- **Decisão de Diretoria da CETESB nº 217/2014/I (CETESB, 2014)**

O Manual para Elaboração de Estudos para o Licenciamento Ambiental com Avaliação de Impacto Ambiental no âmbito da CETESB é uma compilação das práticas adotadas pela equipe técnica da Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental responsável pelo licenciamento ambiental, e serve como ponto de partida para o interessado elaborar estudos ambientais, balizando o conteúdo mínimo a ser apresentado. Em relação à fauna nos empreendimentos rodoviários, o manual detalha, por exemplo, a necessidade de obtenção de dados tanto de fontes secundárias em toda a área de influência quanto procedimentos para levantamento in loco, incluindo biota aquática e fauna cavernícola. Há indicação dos principais impactos ambientais para a fauna, assim como sugestões de programas ambientais que abordem cada um dos impactos, visando sua mitigação.

- **Decisão de Diretoria da CETESB nº 167/2015/C (CETESB, 2015)**

Publicada pela Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental da CETESB, esta normativa é muito utilizada na rotina do ILTR, pois estabelece procedimentos para elaboração dos laudos de fauna silvestre para fins de licenciamento ambiental e/ou Autorização para Supressão de Vegetação Nativa. O documento estabelece uma linha de corte para a elaboração de levantamento da fauna silvestre. Para empreendimentos que se encontrem no interior da Mata Atlântica, por exemplo, se estiverem localizadas em áreas rurais e for estimada supressão de vegetação nativa em área total igual ou superior a 1 hectare (ha), independentemente do estágio sucessional, deverá ser feito o estudo detalhado para os grupos dos mamíferos, aves, répteis e anfíbios, além da ictiofauna, quando houver interferência em ambientes aquáticos. A normativa estabelece, inclusive, um número mínimo de horas e de dias de campo para cada campanha de levantamento.

Especificamente em relação às rodovias, o artigo 4º diz que “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”.

- **Decisão de Diretoria da CETESB nº 141/2018/I (CETESB, 2018)**

Uma normativa inovadora, a Decisão de Diretoria foi detalhada em capítulo anterior neste livro. Aqui cabe destacar sua importância, também como centralizadora de dados de ocorrências envolvendo tanto a fauna silvestre quanto a doméstica no estado. As análises de ocorrências em pontos ou trechos de viários que não estão em processo de licenciamento ambiental podem se utilizar dessa série temporal de dados.

e-Cenários

Além das Decisões de Diretoria, outra ferramenta interna da CETESB que serve de apoio à análise técnica das questões relacionadas à fauna é a plataforma e-Cenários. Trata-se de um Geoportal que disponibiliza dados georreferenciados e ferramentas para auxílio ao licenciamento ambiental. O acesso se dá on-line e, dentre as informações disponíveis, destacam-se a localização dos empreendimentos licenciados e em licenciamento, bem como um conjunto diverso de componentes ambientais, como áreas protegidas, vegetação remanescente e seu estágio sucessional, recursos hídricos e áreas contaminadas. Além dessas informações, o Geoportal disponibiliza acesso à localização das ocorrências e enterramentos da fauna (CETESB, 2018).

ONDE ESTAMOS?

Ao longo dos últimos anos a equipe técnica do ILTR foi aprimorando a forma de solicitação dos dados referentes à fauna silvestre e doméstica, a análise desses dados e as exigências constantes das licenças ambientais. Muito desse aprimoramento interno é resultado de atividades paralelas à rotina de trabalho, como treinamentos, encontros, reuniões, eventos e grupos de trabalho, resultando numa constante evolução do corpo técnico que avalia, especificamente, as questões relacionadas à fauna.

A seguir, destacamos alguns componentes incorporados na última década ao licenciamento de empreendimentos rodoviários.

A fase prévia do licenciamento de um empreendimento (LP) traduz a aprovação da "localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes, a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação" (BRASIL, 1997).

Nesta etapa da análise é fundamental que seja apresentado um eficaz levantamento da fauna e análise do entorno. A publicação do Manual (CETESB, 2014) possibilitou o aprimoramento da análise técnica, desenhando a base mínima de informações exigidas, essenciais à evolução do trabalho realizado. Nesse sentido, a utilização da Decisão de Diretoria (DD) nº 167/2015/C (CETESB, 2015) também fornece o embasamento legal para auxiliar os empreendedores a delinear suas metodologias de levantamento de fauna *in loco*. Com o advento do atendimento à DD nº 141/2018/I (CETESB, 2018) todos os operadores rodoviários passaram a registrar sistematicamente as ocorrências envolvendo a fauna ao longo de toda a malha viária sob sua administração.

Atualmente, esses dados são acrescidos aos levantamentos pontuais por ocasião dos licenciamentos de trechos de uma rodovia existente, enriquecendo o volume de dados obtidos e, consequentemente, resultando em ações mais eficientes de mitigação dos impactos ambientais negativos.

A análise do processo de licenciamento para obtenção da licença ambiental de instalação (LI) é a etapa em que identificamos as maiores mudanças ao longo dos últimos anos, com aprimoramento das exigências relacionadas às medidas mitigadoras direcionadas especificamente à fauna.

Em relação às travessias de fauna, nos últimos anos, os pareceres técnicos emitidos pela CETESB têm especificado parâmetros mínimos para elaboração dos projetos de passagens inferiores, superiores e aéreas. A necessidade das dimensões das estruturas serem adequadas à fauna presente no entorno (destacando novamente a importância de um eficaz levantamento de fauna na área de influência em uma fase prévia); a exigência de abertura (claraboia) na parte central das passagens inferiores de longa extensão; acabamento das estruturas das passagens inferiores com emboque natural e ausência de degraus para transposição da fauna, e a revegetação e plantio de espécies nativas no entorno das passagens, são algumas das exigências a serem cumpridas pelos operadores rodoviários ao implantar as estruturas de travessia.

Muitas das propostas de implantação de passagens inferiores de fauna propostas nada mais são do que adequações de pontes, galerias e tubulações de drenagem já existentes em uma rodovia em operação. Destacamos aqui que, mesmo quando a estrutura é costumeiramente utilizada pela fauna, funcionalmente ela só será classificada como estrutura de passagem inferior se for adaptada para tal função. Nesses casos, também são exigidas às mesmas as adaptações citadas anteriormente, além da associação da passagem com a cerca direcionadora de fauna.

Entrando no tópico da cerca direcionadora, atualmente, todos os projetos apresentados para a CETESB devem vir associados à proposta de cercamento. Esse é um ponto no qual insistimos em cada caso, mesmo havendo certa resistência ao tema, principalmente pela complexidade em se determinar padrões de extensão, e em razão do custo adicional associado.

O padrão de cerca exigido segue a Norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) 077/2006 (DNIT, 2006) (sugiro alterar para DNIT, 2006), somado à instalação de direcionadores nas extremidades de todas as cercas e outras estruturas adicionais que se fizerem necessárias. De praxe, é solicitado que a cerca direcionadora de fauna tenha no mínimo 200 metros de extensão a partir do emboque da passagem, nos dois sentidos da rodovia (totalizando 400 metros) e nos dois lados da pista (totalizando 800 metros). Entendemos, no entanto, que a extensão do cercamento é algo extremamente particular e intimamente ligado ao entorno da passagem, podendo se estender por toda a borda de um remanescente de vegetação nativa, ou ficar restrito a uma estreita área ciliar atravessada por acesso lindeiro. Dessa forma, , por ocasião da análise das propostas apresentadas, cada extensão é avaliada separadamente, podendo variar notoriamente desse valor mínimo. Na prática, nota-se que esse valor mínimo, na maioria dos casos, é factível no entorno das estruturas, e por isso o valor arbitrário é mantido como padrão na grafia.

Para as passagens superiores de fauna, quer sejam as pontes de dossel com cordas, que sejam viadutos vegetados ou estruturas específicas para espécies arborícolas, não há padrões fixos preestabelecidos pela CETESB, sendo as avaliações das propostas feitas caso a caso.

As medidas mitigadoras adicionais como radares, sinalização e redutores de velocidade também são exigidas e avaliadas caso a caso, devido à complexidade de fatores que podem estar envolvidos, como segurança no trânsito, por exemplo.

Barreiras rígidas

Separamos um item dedicado às barreiras rígidas, pois retrata um exemplo de mudanças internas que resultaram da prática diária do licenciamento ambiental das rodovias. Ao longo dos últimos anos, a CETESB passou a restringir a utilização de barreiras rígidas como proposta de divisória das pistas nos projetos executivos dos licenciamentos, em casos em que outros fatores como geometria da estrada, presença de área urbana ou segurança do usuário assim permitam. A restrição passou a ser adotada após estudos de casos, em rodovias que passaram por licenciamento ambiental para duplicação da pista, indicarem um aumento do número de ocorrências envolvendo a

fauna silvestre em trechos da rodovia, após a instalação das barreiras rígidas, em comparação aos dados anteriores nos mesmos locais. Com a nova diretriz técnica foi possível diminuir a utilização desse tipo de estrutura que, em muitos casos, era proposta com intuito de diminuição de custos das obras, priorizando o canteiro central como alternativa.

Como dito, em alguns casos não há alternativa à implantação de barreiras rígidas por critérios que fogem às exigências do licenciamento ambiental. Para estes casos a CETESB adota, atualmente, a exigência de que o empreendedor implemente as medidas mitigadoras aprovadas para a fauna antes das obras de segregação das pistas, devendo ser adaptado o cronograma de obras para tal finalidade.

Operação das rodovias

É importante citar algumas mudanças recentes, também no âmbito da operação rodoviária no estado de São Paulo, introduzidas em razão da participação da CETESB nas questões relacionadas à fauna silvestre. A primeira delas deve-se à aplicação da DD no 141/2018/I (CETESB, 2018), já discutida em tópico anterior. Muitos operadores rodoviários estaduais adaptaram a rotina de fiscalização para se adequar ao regramento, seja para equipar os inspetores de tráfego, treinar a equipe de operação ou, até mesmo internamente, na compilação e análise semestral dos dados, além da busca por parcerias e autorizações.

A implantação das medidas mitigadoras relacionadas à promoção das travessias para a fauna silvestre aumentou significativamente em quantidade e qualidade nos últimos anos, como resultado direto, principalmente das exigências no âmbito do licenciamento ambiental, fruto do avanço no conhecimento relacionado ao tema. Com o volume de passagens inferiores aumentando, veio a necessidade de monitorar tais estruturas e, atualmente, os pareceres técnicos são elaborados com exigências específicas para a fase de operação do viário, no que diz respeito à análise da efetividade das medidas implantadas. Para além de um monitoramento simples, com armadilhas fotográficas e cama de pegada dentro e fora das estruturas, os empreendedores devem elaborar pequenos estudos que envolvam metodologias sistemáticas, análise do entorno e análises estatísticas para comparação de trechos da rodovia considerados controle (sem medidas implantadas) com os trechos onde as estruturas foram instaladas. Esse detalhamento na exigência vai se delineando como resultado de treinamentos realizados pela equipe técnica do ILTR/CETESB, sendo um dos frutos diretos do aperfeiçoamento interno, tão necessário quanto as atividades rotineiras da equipe.

Fiscalização

Nesse ponto, podem estar se perguntando como fazemos para constatar que todas as novas exigências relacionadas à fauna são efetivamente atendidas? Uma das formas mais efetivas de fiscalizar a implantação das medidas é por meio das inspeções técnicas. Resumidamente, o caminho da fiscalização das obras rodoviárias realizado pela equipe da CETESB segue da seguinte maneira: *Inspeções (vistoria) → Constatação de não conformidade → Notificação (prazo) → nova Inspeção (constatação da mesma não conformidade) → Autuação* (BRASIL, 2008 e SÃO PAULO, 1976).

Especificamente em relação a medidas mitigadoras relacionadas à fauna, a CETESB utiliza a DD nº 127/2019/C/I (CETESB, 2019), que dispõe sobre a sistematização dos critérios de aplicação de penalidades. Referida norma contempla a Instrução Técnica nº 030/2019 (CETESB, 2019), que trata das infrações relativas a danos à fauna, na qual é atribuída uma pontuação para as diferentes ocorrências constatadas nas estruturas implantadas ao longo do trecho da rodovia vistoriada, servindo como base para a valoração da infração. Cada estrutura pode ser avaliada separadamente, onde fatores como ausência de cerca direcionadora da fauna e ausência de manutenção da passagem são levados em consideração, apenas para citar alguns exemplos. A utilização de normativa dirime questionamentos e orienta a tomada de decisão, pois no âmbito das autuações, a gama de fatores que devem ser considerados é enorme e intrinsecamente ligada aos aspectos jurídicos.

PARA ONDE IREMOS?

Finalizamos aqui com dois pontos que consideramos promissores para abordagem das questões relacionadas à fauna, no que diz respeito à atuação da CETESB, os quais esperamos colher os frutos num futuro próximo.

O primeiro ponto é a parceria da CETESB com a Agência de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP), órgão responsável por regular e fiscalizar o Programa de Concessões Rodoviárias Estadual. Dentro da parceria, sem dúvida, se destaca a contribuição do corpo técnico da CETESB durante a elaboração dos novos editais de concessão.

Nos dois últimos editais lançados com participação da CETESB aparece explicitada e detalhada a responsabilidade da concessionária em realizar estudos, desenvolver análises e projetos

e implantar medidas mitigadoras relacionadas à fauna silvestre, visando garantir o fluxo gênico e/ou mitigar as ocorrências nas rodovias já existentes sob sua concessão. As medidas mitigadoras foram detalhadas nos editais seguindo a lógica das exigências referentes ao licenciamento, abrindo espaço para que os projetos possam ser elaborados logo após o início da concessão, com os custos associados estimados desde a fase prévia. Como resultado dessa aproximação do órgão ambiental com a Agência reguladora, também foi inserida a previsão de estudo dos efeitos da iluminação sobre a fauna em trechos de rodovias que cortam Unidades de Conservação.

Outro ponto aguardado e muito discutido é a questão da regularização das rodovias em operação. A questão da fauna na regularização é um tema complexo e um importante passo em relação à questão foi dado em 2021, com a formação de um Grupo de Trabalho da Câmara Técnica Ambiental da Indústria e Construção do estado de São Paulo. O grupo é formado por diferentes profissionais da CETESB (além do corpo técnico do ILTR), representantes das concessionárias de rodovias do estado de São Paulo, do Departamento de Estradas de Rodagem (DER/SP), da ARTESP, da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA/SP)[20], de Universidades e do Ministério Público.

Nos encontros mensais temos discutido conjuntamente a elaboração de um regramento para implementar um Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna destinado a toda a malha rodoviária do estado de São Paulo. A importância da participação dos diferentes interessados na elaboração dos procedimentos é imensurável no sentido de garantir o sucesso na sua implantação futura. Graças à REET Brasil e aos contatos feitos nos últimos anos, contamos atualmente com a colaboração de especialistas diversos que fomos conhecendo dentro da rede, disseminando conhecimentos nos encontros do Grupo de Trabalho para aprofundar alguns temas e colaborando na elaboração da parte teórica do futuro documento em si. Nesse sentido, a REET Brasil tem contribuído indiretamente para a formulação de políticas públicas no Estado e somos muito gratos pela parceria.

[20] Atual Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Decreto Federal nº 6514, de 22 de julho de 2008**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 23 jul. 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso em: 18 julho de 2023.

BRASIL. **Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 22 dez. 1997. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237. Acesso em: 18 julho de 2023.

CETESB. **Instrução Técnica IT 030: Critérios para Valoração de Multa**. São Paulo, 2019. 27 p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2020/01/Instru%c3%a7%c3%a3o-T%c3%a9cnica-n%c2%ba-30-Crit%c3%a9rios-para-Valora%c3%a7%c3%a3o-de-Multa.pdf. Acesso em: 18 julho de 2023.

CETESB. **Decisão de Diretoria nº 127/2019/C/I, de 05 de dezembro de 2019**. São Paulo, SP, 05 dez. 2019. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/DD-127-2019-C-I-Sistematiza%C3%A7%C3%A3o-dos-crit%C3%A9rios-de-aplica%C3%A7%C3%A3o-de-penalidades-impostas-frente-aos-instrumentos-legais-vigentes.pdf. Acesso em: 18 julho de 2023

CETESB. **Decisão de Diretoria nº 141/2018/I, de 14 de agosto de 2018**. São Paulo, SP, 14 ago. 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/08/DD-141-2018-I-destina%C3%A7%C3%A3o-de-animais-mortos-em-rodovias-4.pdf. Acesso em: 18 julho de 2023.

CETESB. **Decisão de Diretoria nº 167/2015/C, de 13 de julho de 2015**. São Paulo, SP, 13 jul. 2015. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-167-2015-C-sem-assinaturas.pdf. Acesso em: 18 julho de 2023.

CETESB. **Decisão de Diretoria nº 217/2014/I, de 06 de agosto de 2014**. São Paulo, SP, 06 ago. 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-217-14.pdf. Acesso em: 18 julho de 2023.

DNIT. **Norma DNIT 077/2006-ES: Cerca viva ou de tela para proteção da fauna – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006. 6 p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit077_2006_es.pdf. Acesso em: 18 julho de 2023.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Cetesb. **Manual para Elaboração de Estudos Ambientais com AIA**. São Paulo, 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2019/12/Manual_EIA_RAP_v_02.pdf. Acesso em: 18 julho de 2023.

SÃO PAULO. **Deliberação Normativa Consema nº 01, de 13 de novembro de 2018**. São Paulo, SP, Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2019/05/Delibera%C3%A7%C3%A3o-Consema-n%C2%BA-01-2018.pdf. Acesso em: 18 julho de 2023.

SÃO PAULO. **Lei Estadual nº 997, de 31 de maio de 1976**. São Paulo, SP: Diário Oficial do Estado de São Paulo, 01 jun. 1976. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1976/compilacao-lei-997-31.05.1976.html. Acesso em: 18 julho de 2023.

PADRÕES DE MORTALIDADE POR ATROPELAMENTO E IMPACTOS NAS POPULAÇÕES DE VERTEBRADOS NO BRASIL

Clara Grilo

CESAM - Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal

Setor Ecologia/Departamento de Biologia Universidade Federal de Lavras 37200 000 Minas Gerais, Brasil

A nível global, estima-se que o comprimento da rede viária seja entre 21 e 30 milhões de quilômetros (MEIJER *et al.*, 2018). Embora a densidade de rodovias no Brasil seja relativamente baixa quando comparada com outros países (25 km de rodovias pavimentadas para cada 1.000 km² de área de acordo com a Confederação Nacional de Transporte em 2016), é uma das regiões que concentra maior número de espécies "Criticamente em Perigo"[21] (IUCN, 2018). Um estudo que sintetizou os principais fatores de ameaça à conservação dos vertebrados terrestres no mundo mapeou várias regiões no Brasil que apresentam uma elevada incidência de desflorestação, poluição, intensificação da agricultura, espécies invasoras, caça ilegal e ainda os efeitos das alterações climáticas (HARFOOT *et al.*, 2021). No entanto, o efeito das rodovias não foi avaliado e, em particular, o efeito que a mortalidade devido à colisão com veículos tem nas espécies de vertebrados.

A mortalidade por atropelamento tem sido um dos efeitos mais estudados e existem estimativas anuais que consideram que tais efeitos estejam na ordem das dezenas milhões de vertebrados em vários países, incluindo de muitas espécies ameaçadas de extinção (SCHWARTZ *et al.* 2020, Figura 1). Por exemplo, no Brasil foi feita uma estimativa da mortalidade por

[21] A partir do termo utilizado pela ONG International Union for Conservation of Nature's Red List of Threatened Species. Disponível online em: https://www.iucnredlist.org. Acesso em: 14 de novembro de 2022.

atropelamento para aves e mamíferos (GONZÁLEZ-SUÁREZ *et al.*, 2018): com base nas taxas de atropelamento observadas para 170 espécies de aves e 73 de mamíferos, nas suas características biológicas e ecológicas foi possível estimar que mais de 8 milhões de aves e mais de 2 milhões de mamíferos podem ser vítimas de atropelamento anualmente.

Figura 1 – Tatu peba (*Euphractus sexcinctus*) atropelado na SP-270 a 44 km sudeste de Presidente Prudente, São Paulo.

No entanto, a mortalidade por atropelamento não é o único efeito negativo sobre a vida selvagem e a acumulação de outros efeitos pode pôr em causa a viabilidade das populações a médio/longo prazo, tais como a perda de habitat com a construção da rodovia, a degradação do habitat devido à perturbação causada pelo tráfego rodoviário, o "efeito barreira" (quando a intensidade de tráfego for elevada impedindo os indivíduos de transporem a rodovia, promovendo a fragmentação e isolamento das populações) (VAN DER REE *et al.*, 2005). Para além destes efeitos mais diretos, contam-se ainda outros efeitos causados pela existência das rodovias, como por exemplo a caça ilegal, o aumento da urbanização e o desflorestamento (MILIEN *et al.* 2021).

Embora o Brasil seja o país da América Latina com mais estudos sobre atropelamentos (até 2021 contabilizaram-se 109)[22], as informações sobre as espécies dos neotrópicos mais expostas às rodovias e em perigo de extinção local são ainda escassas para uma implementação adequada de medidas para minimizar a mortalidade por atropelamento. O que tem sido analisado são padrões

[22] LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN TRANSPORT WORKING GROUP. Disponível em: https://latinamericatransportationecology.org/. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

espaciais e temporais através da identificação de segmentos de elevada incidência de atropelamentos (GONÇALVES *et al.*, 2018). No entanto, essa abordagem nem sempre consegue responder aos objetivos de minimização dos impactos negativos nas populações silvestres. Neste caso, apenas tenta responder ao impacto socioeconômico que os acidentes provocam ou a um problema ético pela mortalidade de animais. Acidentes provocados pela colisão com espécies silvestres podem causar vítimas mortais e feridos, além de custos no reparo dos veículos (ABRA *et al.*, 2019). Nesses casos, deve-se identificar quais as espécies que podem causar acidentes, seja pela sua dimensão ou comportamento em relação à rodovia, e depois quais os segmentos que possuem maior incidência de atropelamentos dessas espécies ou que têm maior probabilidade de atropelamento para reduzir os custos sociais e econômicos.

A mortalidade de animais silvestres pode também colocar um dilema ético que pode não estar associado à conservação das espécies, mas sim com o direito à vida dos animais. Nesse caso, identificar os segmentos de rodovia com maior incidência ou probabilidade de atropelamentos será a melhor opção para implementar medidas para reduzir o número de atropelamentos (GONZÁLEZ-SUÁREZ *et al.*, 2018). A abordagem para prevenir a extinção local de populações deve levar em conta não só o número de atropelamentos mas também a proporção de indivíduos na população que morre atropelado. Os atropelamentos podem causar reduções significativas no efetivo populacional de determinadas espécies por ocorrerem em baixas densidades e terem uma baixa taxa reprodutiva. Neste caso, mesmo taxas de atropelamento baixas podem levar a uma redução significativa no seu efetivo populacional, principalmente para espécies ameaçadas (GRILO *et al.*, 2021). Um caso hipotético de um segmento de rodovia com 1.000 atropelamentos por ano e um outro com 50 por ano, mas em que a população do 1º segmento é de 10 mil indivíduos e a população do 2º segmento é de 100 indivíduos, o impacto da mortalidade será de 10% no 1º segmento e 50% no 2º segmento. Estimar a proporção da população atropelada e correr modelos de viabilidade populacional para avaliar qual é o limiar de proporção da população atropelada, a partir do qual aumenta do risco de extinção, permite identificar quais são os segmentos de rodovia que apresentam maior perigo para a viabilidade dessas populações.

Um estudo recente identificou quais são as espécies de mamíferos mais vulneráveis à mortalidade adicional por atropelamento a nível global (GRILO *et al.*, 2021). Primeiramente, foi realizada uma compilação dos estudos com atropelamentos e foram selecionadas por continente todas as espécies ameaçadas com taxas de atropelamento e as seis espécies com as taxas de atropelamento mais elevadas. Ao todo foram analisados os impactos dos atropelamentos de 71

populações de espécies de mamíferos ameaçadas e não ameaçadas. No Brasil, detectou-se que uma população do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e uma do gato-do-mato-pequeno (*Leopadus tigrinus*, agora classificado como *Leopardus gutulus*) podem-se extinguir-se localmente se forem mantidos os níveis de atropelamentos observados. O lobo-guará, com uma taxa de atropelamento de 0,08 indivíduos/km/ano na rodovia MS-80 no estado de Mato Grosso do Sul de acordo com o estudo publicado (CARVALHO *et al.*, 2014) e com uma densidade estimada de 0,0364 indivíduos/km^2, os atropelamentos nessa região podem corresponder a 36% de população e consequentemente a um aumento de 34% de risco de extinção. Por outro lado, o gato-do-mato-pequeno, com uma taxa de atropelamento de 0.09 indivíduos/km/ano (MAROCCO, 2012) para os 20 km da BR282 a oeste do estado de Santa Catarina e com uma densidade populacional estimada entre 0,07 e 0,13 indivíduos/km^2, a mortalidade por atropelamento pode representar entre 20 e 37% da população e consequentemente um aumento do risco de extinção de até 75%.

Tendo em conta a escassez de financiamento para a implementação de medidas de mitigação, a priorização das espécies que mais são impactadas permite uma aplicação mais eficaz dessas medidas. Identificar qual é a fração da população atropelada a partir do qual o risco de extinção aumenta é essencial para definir que tipo de ações deve ser implementadas: monitorar, minimizar e/ou compensar. A Figura 2 apresenta uma situação hipotética: para baixas frações da população atropelada e longe do limiar de risco de extinção basta monitorar essa rodovia.

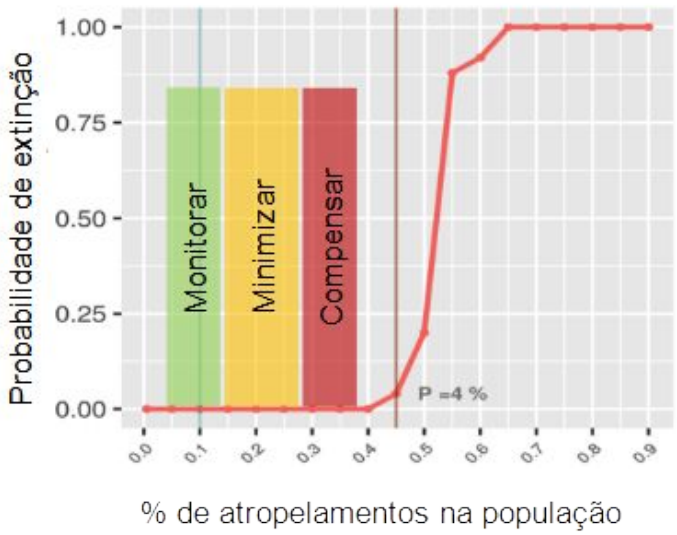


Figura 2 – Modelo conceitual da relação entre probabilidade de extinção e percentagem de atropelamentos numa população e o tipo de ações que devem ser adotadas. Adaptado de Bioinsight 2019 (http://www.bioinsight.pt).

Se a fração é maior e mais perto do limiar, deve-se implementar medidas de minimização e no caso da fração estar perto do limiar, deve-se apostar em não só minimizar como também adotar medidas de compensação tais como o melhoramento do habitat ou promover a reprodução.

Vale a pena sublinhar que a mortalidade por atropelamento é apenas um dos efeitos negativos das rodovias nas populações silvestres e um dos muitos impactos das atividades humanas. Ignorar o seu efeito ou simplesmente não adotar as medidas mais adequadas para a sua minimização abre caminho para não se alcançarem as metas propostas pelo *Objetivo Global Positivo da Natureza: Zero Perda Líquida de Natureza a partir de 2020, Líquido Positivo até 2030 e Total Recuperação até 2050* que tem sido amplamente discutida e defendida no Fórum Econômico Mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, F.D.; GRANZIERA, B.M.; HUIJSER, M.P; FERRAZ, K.M.P.M.D.B.; HADDAD,C.M.; PAOLINO R.M. Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil. **PLoS ONE** 14(4): e0215152, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0215152

CARVALHO, N. C.; BORDIFNOS, M. O.; SHAPIRO, J. T. Fast and furious: a look at the death of animals on the highway MS-080, Southwestern Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, 104(1), 43-49, 2014. DOI: 10.1590/1678-4766201410414349

GONÇALVES, L.O.; ALVARES, D.J.; TEIXEIRA, F.Z.; SCHUCK, G.; COELHO, I.P.; ESPERANDIO, I.B.; ANZA, J.; BEDUSCHI, J.; BASTAZINI, V.A.G.; KINDEL, A. Reptile road-kills in Southern Brazil: Composition, hot moments and hotspots. **Science of the Total Environment**, 615, 1438-1445, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.053

GONZÁLEZ-SUÁREZ, M.; FERREIRA, F.Z.; GRILO, C. Spatial and species-levelpredictions of road mortality risk using trait data. **Global Ecology and Biogeography**, 27, 9, 1093-1105, 2018. DOI: 10.1111/geb.12769

GRILO, C.; BORDA-DE-ÁGUA, L.; BEJA, P.; GOOLSBY, E.; SOANES, K.; LE ROUX, A.; KOROLEVA, E.; FERREIRA, F.Z.; GAGNÉ, S.A.; WANG, Y.; GONZÁLEZ-SUARÉZ, M. Conservation threats from roadkill in the global road network. **Global Ecology and Biogeography**, 30, 2200–2210, 2021. DOI: 10.1111/geb.13375

HARFOOT, M.B.J.; JOHNSTON, A.; BALMFORD, A. *et al.* Using the IUCN Red List to map threats to terrestrial vertebrates at global scale. **Nature Ecology and Evolution** 5, 1510–1519, 2021. DOI: 10.1038/s41559-021-01542-9

IUCN, 2018. **The IUCN red list of threatened species**. Disponível em: https://www.iucnredlist.org/ Acessado em: 14/12/2022.

MAROCCO, J.C.; ROSSET, J.M.; MAESTRI, R. Atropelamentos de carnívoros (Carnivora) em um trecho da BR-282, oeste do estado de Santa Catarina – Etapa 1. **6º Congresso Brasileiro de Mastozoologia**, Corumbá/MS, 2012. Disponível em: https://archive.org/details/LivroDeResumosCBMz2012. Acessado em: 14/12/2022.

MEIJER, J.R.; HUIJBREGTS, M.A.J.; SCHOTTEN, K.C.G.J.; SCHIPPE, A.M. Global patterns of current and future road infrastructure. **Environmental Research Letters** 13 064006, 2018. DOI: 10.1088/1748-9326/aabd42

MILIEN, E.J.; ROCHA, K.S.; BROWN, I.F.; PERZ, S.G. Roads, deforestation and the mitigating effect of the Chico Mendes extractive reserve in the southwestern Amazon. **Trees, Forests and People**,3, 100056, 2021. DOI: 10.1016/j.tfp.2020.100056

SCHWARTZ, A.L.W.; SHILLING, F.M.; PERKINS, S.E**.** The value of monitoring wildlife roadkill. **European Journal of Wildlife Research** 66, 18, 2020. DOI: 10.1007/s10344-019-1357-4

VAN DER REE R.; SMITH D.J.; GRILO C. (eds.). **Handbook of Road Ecology**. John Wiley & Sons, Oxford. 2015. DOI: 10.1002/9781118568170

PROJETO BANDEIRAS & RODOVIAS: COMO ESTUDAR O TAMANDUÁ-BANDEIRA ESTÁ AJUDANDO A TORNAR AS RODOVIAS MAIS SEGURAS PARA TODOS

Erica Naomi Saito[*,**], *Mariana Labão Catapani*[*], *Débora Regina Yogui*[*], *Yuri Geraldo Gomes Ribeiro*[*], *Andréia Nasser Figueiredo*[*], *Mirã Ribeiro Costa*[*], *Victor Gonçalves de Castro*[*], *Luis Augusto Akasaki*[*], *Audrey Brisseau*[*], *Ana Carolina Horta Borges*[*], *Vinicius Alberici*[*], *Mario Alves*[*], *Beatriz Cecato Dumalakas*[*], *Danilo Kluyber*[*], *Fernando Ascensão*[*], *Fernanda Delborgo Abra*[*] e *Arnaud Leonard Jean Desbiez*[*]

[*]Instituto de Conservação de Animais Silvestres (ICAS)

[**]Presidente da REET Brasil (2023-2024)

O INSTITUTO DE CONSERVAÇÃO DE ANIMAIS SILVESTRES (ICAS)

O ICAS[23] é uma organização sem fins lucrativos dedicada à conservação da biodiversidade. Os valores fundamentais da ONG incluem o compromisso com a ciência, a pesquisa, a educação e a sustentabilidade ambiental em prol da coexistência entre o ser humano e a vida silvestre. O objetivo do ICAS é produzir conhecimento científico para dialogar com a sociedade, buscar soluções e estratégias inovadoras que promovam uma convivência harmoniosa entre as pessoas e a vida silvestre e influenciar a implementação de políticas públicas voltadas à conservação da biodiversidade. Para isso, atualmente, o ICAS conta com uma equipe multidisciplinar e diversas parcerias com pesquisadores e instituições públicas e privadas. Fundado em 2016, o ICAS apoia projetos de conservação da biodiversidade no Brasil. Atualmente, desenvolve trabalhos

[23] Disponível em: https://www.icasconservation.org.br/. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

principalmente com dois grandes mamíferos ameaçados de extinção: o tatu-canastra e o tamanduá-bandeira.

O PROJETO BANDEIRAS & RODOVIAS

O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), espécie símbolo do Cerrado, é listada como vulnerável à extinção em nível nacional (BRASIL, 2022) e internacional (IUCN, 2021). Uma das principais ameaças às suas populações são as colisões com veículos. Em um estudo realizado entre 2013 e 2014 com o objetivo de avaliar o impacto das rodovias nas populações de tatus-canastra e antas, conduzido por Arnaud Desbiez (Programa de Conservação do Tatu-Canastra) e Patrícia Médici (Iniciativa Nacional para Conservação da Anta Brasileira), o tamanduá-bandeira foi identificado como a terceira espécie com maior registro de mortalidade nas rodovias do Mato Grosso do Sul (ASCENSÃO *et al.*, 2017). O Projeto Bandeiras & Rodovias surgiu da necessidade de entender essa alta taxa de mortalidade de tamanduás-bandeira nas estradas do estado de Mato Grosso do Sul e tem como objetivo reduzir as colisões veiculares com fauna e, assim, tornar as estradas mais seguras para os animais e as pessoas.

Fase 1 (2017-2020): Por que, quando e como o tamanduá-bandeira atravessa a rodovia? Entendendo e quantificando os impactos ecológicos e aspectos sociológicos relacionados às colisões veiculares com fauna no Cerrado de Mato Grosso do Sul (MS), Brasil

Esta fase teve como objetivos quantificar o impacto das rodovias nas populações de tamanduás-bandeira e avaliar os seus efeitos no comportamento e na saúde dos indivíduos da espécie. A pesquisa incluiu a investigação sobre o efeito barreira à movimentação dos animais e sobre a densidade e a persistência das populações de tamanduás-bandeira. Além disso, de 2017 a 2020, foram realizados monitoramentos de fauna acometida por colisão veicular em rodovias do estado, treinamento com funcionários de rodovias para identificação, contenção e manejo de animais silvestres e estudo sobre a percepção dos caminhoneiros sobre as colisões veiculares com fauna.

Ações realizadas na fase 1

Mortalidade de animais nas rodovias

Durante os três anos da primeira fase do projeto, foi realizado o monitoramento quinzenal sistemático de animais acometidos por colisão veicular em quatro rodovias do estado de Mato Grosso do Sul: BR-262, BR-267, BR-163 e MS-040. Foram 420 amostragens, percorrendo 84.673 km, o que representa 14% das rodovias asfaltadas do estado. Contabilizando os monitoramentos sistemáticos, os registros eventuais ou oportunísticos e os informes recebidos de usuários da pista, foram registradas 12.400 carcaças. Destas, 40% foram de animais de médio e grande porte, como tamanduás-bandeira, antas e capivaras, que podem causar danos materiais e acidentes mais graves (ICAS, 2021). Foram registradas 761 carcaças de tamanduás-bandeira (Figura 1), mas esse número é subestimado devido à estimativa de persistência de 22% a 38% das carcaças, ou seja, o número real de tamanduás é muito maior que o registrado. Cabe ressaltar que nem sempre as carcaças ficam disponíveis ou detectáveis durante o monitoramento devido à remoção pelo tráfego de veículos, por trabalhadores realizando a limpeza da pista, pelas chuvas, por animais carniceiros ou ainda pelo deslocamento do animal ferido para fora da rodovia antes de morrer (TEIXEIRA *et al.*, 2013; ASCENSÃO *et al.*, 2021).

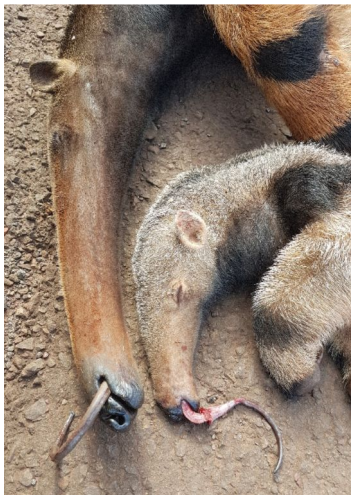


Figura 1 – Tamanduá-bandeira fêmea e seu filhote mortos por colisão veicular na rodovia BR-262/MS. Imagem por Erica Naomi Saito (ICAS/Projeto Bandeiras & Rodovias).

Ecologia do movimento do tamanduá-bandeira

De 2017 até meados de 2022, o Projeto Bandeiras & Rodovias monitorou um total de 74 tamanduás-bandeira (Figura 2), utilizando coletes com tecnologia GPS (TGW-4570-4 Iridium GPS) e VHF (MOD 400 Telonics). Esses animais estão distribuídos nos arredores da BR-267/MS, BR-262/MS e MS-040, importantes rodovias pavimentadas que possuem diferentes fluxos de veículos, no estado do Mato Grosso do Sul (ASCENSÃO *et al.*, 2021). O equipamento, além de transmitir remotamente as localizações geográficas dos animais, permite que eles sejam monitorados em campo a partir da transmissão de ondas VHF. Quinzenalmente, por meio de radiotelemetria, a equipe localizou os animais em campo para avaliar condições de saúde, dados reprodutivos, comportamentais e o posicionamento do colar.

Entre os 74 animais monitorados, oito morreram por colisões veiculares no período de estudo. Cinco deles sobreviveram às colisões por um momento e conseguiram se deslocar antes de morrer, de modo que suas carcaças foram encontradas longe da pista. Duas dessas mortes ocorreram após colisões em estradas de terra e seis em rodovias pavimentadas (apenas três estavam visíveis na pista, outros três morreram entre 100 m e 600 m da rodovia). Devido a essas mortes longe da pista e à baixa persistência das carcaças, a quantidade real de tamanduás mortos é muito maior que a visualizada nas rodovias. Estima-se que o número de tamanduás-bandeira que morreram nas estradas monitoradas ao longo desse período seja 2,4 vezes maior que o registrado (ASCENSÃO; DESBIEZ, 2022). Atualmente, o principal objetivo do rastreamento dos animais é a obtenção de dados reprodutivos, de sobrevivência de filhotes e de dispersão, processo no qual os animais atuam como “detetives ecológicos” dos ambientes permeáveis ao seu movimento.

Figura 2 – Tamanduá-bandeira fêmea e seu filhote com coletes GPS. Imagem por Mario Alves (ICAS/Projeto Bandeiras & Rodovias).

Efeito barreira

A partir dos dados de movimento de 38 tamanduás-bandeira monitorados por radiotelemetria, observou-se que os indivíduos atravessam barreiras naturais (como córregos e riachos) oito vezes mais do que as rodovias pavimentadas. Além disso, as estradas não pavimentadas são duas vezes mais atravessadas do que as pavimentadas, que atuam como uma barreira para os tamanduás-bandeira (Figura 3). O estudo mostrou que os tamanduás-bandeira são mais ativos e cruzam a rodovia à noite, momento em que são atingidos. O estudo sugere que a área adjacente às estradas pode funcionar como uma armadilha ecológica onde indivíduos saudáveis ocupam os territórios próximos ou cortados por estradas, mas eventualmente são atropelados devido às suas travessias regulares (NOONAN *et al.*, 2021). Os tamanduás não procuram ativamente passagens inferiores para atravessar a pista, ou seja, apenas as passagens não são suficientes para diminuir a taxa de mortalidade. Portanto, são necessárias cercas para guiar os animais às passagens para que ocorra uma travessia segura (ABRA *et al.*, 2020; NOONAN *et al.*, 2021).

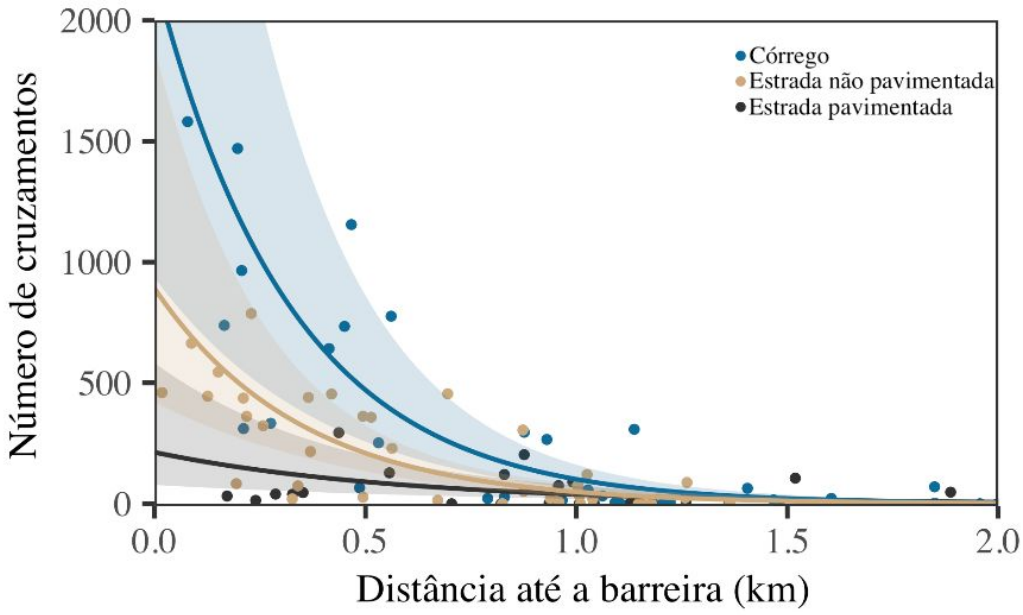


Figura 3 – Gráfico de dispersão que mostra a relação entre o número de cruzamentos e a distância que o indivíduo vivia da barreira. As linhas sólidas representam a regressão binomial e as áreas sombreadas representam os intervalos de confiança de 95% (NOONAN *et al.*, 2021).

Efeitos das rodovias na ocupação e na abundância populacional

Para investigar os efeitos das rodovias nos parâmetros populacionais do tamanduá-bandeira, foram utilizadas armadilhas fotográficas para obter amostras de paisagens adjacentes a duas rodovias monitoradas pelo projeto: a MS-040 e a BR-267/MS. Em cada área de estudo, foram selecionadas 60 unidades amostrais, em uma faixa de distância de até 10 km da rodovia, os dados foram coletados durante os anos de 2018 e 2019. O tamanduá-bandeira foi amplamente detectado na paisagem (n = 85/120, >70%), tanto nas unidades amostrais próximas às rodovias quanto nas mais distantes. A distância da rodovia não afetou a ocupação da paisagem pelo tamanduá-bandeira, mas sua abundância foi menor perto da rodovia. Além disso, a abundância relativa média da espécie foi menor na BR-267/MS que na MS-040. Os resultados corroboram a hipótese de que a área adjacente às rodovias funciona como uma armadilha ecológica, o que torna os indivíduos que vivem às margens da rodovia mais susceptíveis às colisões com veículos, reduzindo sua abundância populacional. Sugerem também um efeito da mortalidade ao longo do tempo, uma vez que a BR-267/MS é mais antiga que a MS-040 e pode estar levando a um declínio mais acentuado das populações de tamanduá-bandeira na paisagem (ALBERICI *et al.*, 2022, no prelo).

Investigação da saúde populacional

Durante quatro anos, foram realizados monitoramentos sistemáticos das rodovias, coletadas amostras biológicas de 1.506 animais e realizadas 119 necrópsias, sendo 62 de tamanduás-bandeira. Também foram coletadas amostras de animais raros como jaritataca, gato-palheiro e cachorro-vinagre e amostras biológicas de 55 tamanduás vivos durante os procedimentos de sedação realizados pela equipe. No total, aproximadamente 5 mil amostras de diferentes espécies foram distribuídas para 35 pesquisadores parceiros e utilizadas para pesquisas relacionadas a projetos de mestrado e doutorado em universidades brasileiras e estrangeiras. A maioria dos animais mortos devido a colisões veiculares estava em bom estado geral de saúde, não apresentando sinais notáveis de doença ou lesões preexistentes (NAVAS-SUÁREZ *et al.*, 2022).

Além de estudos genéticos e ecológicos, carcaças de animais acometidos por colisão veicular podem ser usadas como “sentinelas” para monitoramento de contaminantes ambientais e doenças (SCHWARTZ *et al.*, 2020). Alguns dos estudos já publicados incluem a descrição do protocolo anestésico e de captura com fins científicos da espécie (KLUYBER *et al.*, 2021); a descrição da morfologia dos órgãos genitais masculino e feminino de tamanduás-bandeira

(FROMME *et al.*, 2021), o biomonitoramento da contaminação por mercúrio com base nas carcaças de tamanduás (CARVALHO *et al.*, 2021) e a descrição de patógenos, sendo alguns deles agentes de importância zoonótica (CALCHI *et al.*, 2020a; CALCHI *et al.*, 2020b; NAVAS-SUÁREZ *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Análise de viabilidade populacional

Para conhecer o impacto das rodovias nas populações de tamanduá-bandeira, foi realizada uma análise de viabilidade populacional utilizando dados coletados em três anos de campo. O estudo mostrou que as colisões veiculares reduzem a taxa de crescimento populacional de tamanduás-bandeira pela metade**,** sendo uma das principais ameaças à espécie no Mato Grosso do Sul (DESBIEZ *et al.*, 2020). Isso significa que outras ameaças como perda do *habitat*, caça, conflito com cachorros, envenenamento por agrotóxico, entre outras, têm o impacto aumentado, pois as populações não conseguem manter a resiliência, uma vez que a taxa de crescimento foi reduzida pela metade. Portanto, a chance de extinção local atinge níveis mais altos devido às colisões veiculares (DESBIEZ *et al.*, 2020; ASCENSÃO; DESBIEZ, 2022).

Estudos de dimensões humanas

Foram conduzidas 230 entrevistas semiestruturadas com caminhoneiros, investigando quais fatores psicológicos influenciam a probabilidade de colidir com um animal na rodovia. Os resultados indicaram que a tomada de decisão é motivada principalmente pela avaliação de risco, ou seja, para eles é mais seguro colidir que evitar a colisão, e não pelas atitudes em relação ao animal (gostar/se importar). Isso indica que campanhas educativas podem ter pouco efeito para reduzir as colisões. Nesse sentido, as abordagens para reduzir a taxa de encontro dos motoristas com os animais podem ser mais efetivas, assim como as intervenções podem ser mais promissoras se incorporarem a questão da segurança viária e envolverem os motoristas na busca por soluções (CATAPANI, 2021). Para saber mais sobre o assunto, assista ao vídeo do doutorado de Mariana Labão Catapani[24]. A colisão pode gerar danos morais, estéticos, materiais e de saúde (ABRA *et al.*, 2019). Por isso**,** falar em atropelamento mostra uma visão unilateral do problema. A colisão tem impactos negativos para os dois lados: tanto para o animal quanto para o motorista, pois incorre em

[24] Vídeo “Multidisciplinar | Mariana Catapani - Prêmio Vídeo Pós-Graduação USP”. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=VPmxzBVIDw8. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

custos psicológicos e materiais, além do risco à segurança física. Assim, para considerar também o lado humano, preferimos usar o termo colisão**.**

Treinamento de trabalhadores de rodovias

Uma das atividades do Projeto Bandeiras & Rodovias é o treinamento de trabalhadores das rodovias, em especial os colaboradores que atuam na inspeção da pista. O ICAS, em parceria com a empresa ViaFAUNA e o Biotério da Universidade Católica Bom Bosco, ministra videoaulas e encontros presenciais em que são explicadas as maneiras corretas de registrar, fotografar e remover carcaças de animais mortos, assim como a forma adequada de afugentar animais, manejar animais peçonhentos, conter e transportar corretamente animais feridos. Nesses cursos, também são abordados a importância e a utilização dos registros com fauna e tópicos sobre legislação ambiental. A capacitação e o envolvimento desse grupo-alvo são fundamentais para a obtenção de dados confiáveis de colisões veiculares em rodovias, especialmente de empresas de concessão, para as quais já ficou demonstrado que há um erro na identificação das espécies de animais (ABRA *et al.*, 2018). O objetivo do treinamento é construir bancos de dados mais acurados de mortalidade animal em rodovias, para que análises espaçotemporais de grupos de fauna ou de espécies específicas sejam também mais acuradas e, principalmente, para que exista maior qualidade no planejamento das medidas de mitigação de colisões veiculares com animais silvestres.

Prestação de serviços

Desde o fim de 2018, o ICAS presta serviços de consultoria ambiental para administradoras de rodovias. Essa atividade foi iniciada como parte de um planejamento estratégico para a implementação de medidas de mitigação de colisões veiculares com fauna, influenciando na tomada de decisões. Até o momento, foram prestados serviços para a CCR MSVias na BR-163 e o DNIT na BR-262 em parceria com a empresa ViaFAUNA. Por meio dessas atividades, foram realizados o monitoramento de animais acometidos por colisão veicular e das passagens de fauna. Além disso, foi possível acessar os dados de ocorrência com animais na pista (mortos, vivos e feridos) pelos trabalhadores das rodovias. A partir desses dados, são elaborados relatórios técnicos, análise de trechos críticos e planos de mitigação, que são entregues à administradora, aos órgãos ambientais (por exemplo, IBAMA) e órgãos responsáveis pela malha viária (por exemplo, DNIT e ANTT). É necessário ressaltar que o desenvolvimento de consultorias visa a aproximação com os gestores

rodoviários para fortalecer relações e a compreensão de como a implementação de medidas recomendadas de mitigação poderia ser realizada de maneira mais rápida e eficiente.

Educação ambiental

Vale destacar que o componente educativo não estava descrito inicialmente na fase 1 do projeto, mas foi incorporado após a elaboração do Plano Estratégico de Educação e Comunicação em 2018, no qual detectou-se a importância de influenciar o comportamento das pessoas para a redução das colisões veiculares com fauna, utilizando o conhecimento técnico-científico produzido no projeto. Como resultado, tem-se: (1) Estabelecimento da parceria com o Departamento de Trânsito (DEMUTRAN) de Aquidauana. Com a parceria, foram desenvolvidas ações educativas no ano de 2019 no decorrer do Maio Amarelo[25], em que cerca de 460 estudantes participaram das atividades realizadas durante dois dias em escolas próximas às rodovias, e da Semana Nacional do Trânsito, em que aproximadamente 1.850 estudantes participaram de oficinas nas escolas municipais e foram recepcionados na exposição itinerante do ICAS, montada em três diferentes espaços do município ao longo da semana; (2) Convite para participar de uma mesa redonda no *I Fórum de Mobilidade do Estado do Mato Grosso do Sul*, que contou com a participação de aproximadamente 100 pessoas de diversos municípios; (3) Desenvolvimento e organização da Exposição Itinerante sobre os projetos do Instituto para a 71ª Reunião da SBPC (aproximadamente 3 mil pessoas visitaram o estande); (4) Desenvolvimento do roteiro educativo, bem como dos elementos de apoio, do Retiro Águas Claras, em Uberlândia/MG. A propriedade privada é parceira do projeto TamanduASAS e recebe visitas educativas no espaço. Essa é uma área bem importante para a soltura dos animais aptos e atualmente constitui uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), cujo símbolo é um tamanduá; (5) Inserção do projeto na formação de professores da Secretaria Municipal de Campo Grande. Antes de 2020, a parceria com a Secretaria Municipal de Educação de Campo Grande (SEMED) trabalhava só o Programa de Conservação do Tatu-canastra. Durante a Feira de Iniciação Científica do Ensino Básico (FECIT), foi apresentada para cerca de 80 professores a proposta de inclusão do Projeto Bandeiras & Rodovias nas atividades desenvolvidas nas escolas. A Formação de 2020 aconteceu remotamente para 50 professores e, no ano de 2021, conseguimos que a formação remota chegasse a 550 pessoas na semana formativa da SEMED.

[25] Campanha criada com a proposta de chamar a atenção da sociedade para o alto índice de mortes e feridos no trânsito em todo o mundo. (FONTE: https://maioamarelo.com/o-movimento/)

Planejamento de estratégias de mitigação

Na primeira fase, o Projeto Bandeiras & Rodovias produziu conhecimento para auxiliar na tomada de decisão sobre as medidas de mitigação mais indicadas para o tamanduá-bandeira, que abrangem também uma grande quantidade de animais. Já que apenas 1% dos tamanduás utilizam as passagens de fauna subterrâneas, recomenda-se a instalação de cercamentos para conduzi-los a essas passagens (NOONAN *et al.*, 2021). A análise de custo-benefício sobre a implantação de cercamento nos trechos críticos de acidentes com fauna nas rodovias de Mato Grosso do Sul indicou que esse investimento seria compensado entre 16 e 40 anos pela ausência de colisões, considerando apenas os gastos com danos materiais aos veículos com as colisões (ASCENSÃO *et al.*, 2021). No entanto, ao considerar a correção na estimativa de mortalidade de tamanduás mencionada anteriormente, o investimento no cercamento seria pago em menos de 10 anos. Com base nas estimativas atualizadas de mortalidade real de tamanduás, os investimentos para reduzir o número de colisões provavelmente terão retorno em menos de 10 anos (ASCENSÃO; DESBIEZ, 2022). Além disso, caso fossem incluídos os custos por danos morais e à saúde física e mental das vítimas humanas, certamente o investimento em cercamento seria pago ainda mais rapidamente.

Fase 2 (2021-2023): Dimensões humanas, políticas e institucionais para a redução das colisões veiculares com fauna

Os resultados e a experiência adquiridos na fase 1 do Projeto, além da rede de parceiros e colaboradores, estão sendo utilizados para reduzir o número de animais mortos em rodovias, bem como os danos aos humanos e aos veículos. No estado de Mato Grosso do Sul, segundo dados da Polícia Rodoviária Federal, entre 2007 e 2019, ocorreram 613 colisões com animais com vítimas humanas fatais ou feridas.

Diante de um tema tão complexo como as colisões veiculares com fauna, para acelerar o processo de mitigação desse impacto, é necessária uma abordagem multidisciplinar. Assim, na fase 2, o Projeto busca envolver autoridades, tomadores de decisão, usuários das rodovias (principalmente motoristas de caminhão), empresas de transporte, trabalhadores rodoviários e a sociedade em geral. Várias ferramentas são utilizadas para transmitir nossa mensagem, incluindo modelagem e análise ecológica, comunicação científica baseada em evidências, *workshops*,

treinamentos, ciência-cidadã, diretrizes de certificação, contação de histórias, bem como a atuação para promover mudanças comportamentais. De forma inovadora, o Projeto visa implementar ações sociais, paisagísticas e de gestão viária para diminuir o número de colisões veiculares com fauna nas rodovias do estado do Mato Grosso do Sul. Espera-se que as experiências adquiridas sejam compartilhadas e replicadas em todo o Brasil, tornando o estado referência em mitigação desse impacto.

Ações que estão sendo realizadas na fase 2

Identificação de atores e a natureza de suas relações para engajá-los na mitigação das colisões veiculares com a fauna

A interface que envolve tomadores de decisão e o uso de dados provenientes da pesquisa é extremamente importante para a mitigação de impactos provenientes das rodovias. Esses dados devem abranger desde a esfera espacial até a institucional, relacionada aos responsáveis por implementar as medidas de mitigação. Com isso, os esforços têm se concentrado em identificar áreas potencialmente críticas para colisões veiculares com a fauna com foco na segurança humana (Figura 4). Para tal, tem-se utilizado técnicas de modelagem espacial com dados de colisões veiculares com animais de grande porte, importantes para a questão da segurança viária (Figura 5). Além disso, procura-se identificar as barreiras que impedem medidas de mitigação de se tornarem realidade nessas localidades e a natureza da relação entre os atores responsáveis pelo processo decisório relacionado às medidas de mitigação.

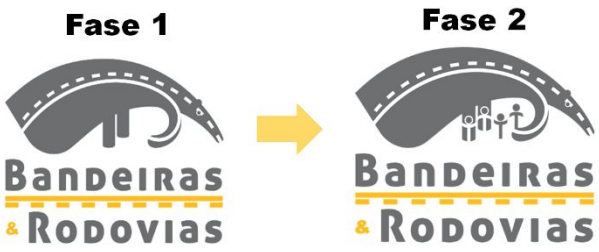


Figura 4 – O logotipo do Projeto Bandeiras & Rodovias foi repaginado da fase 1 para fase 2, incluindo o elemento humano.

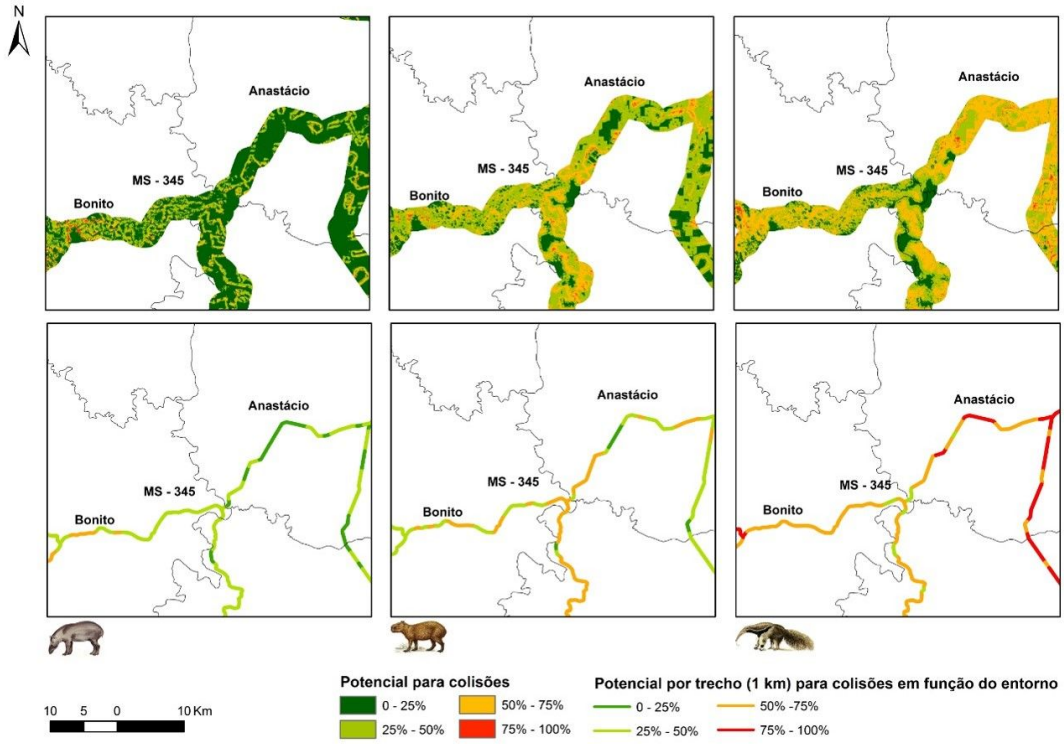


Figura 5 – Modelagem espacial para identificação de trechos com maior probabilidade de colisões veiculares com fauna nas rodovias de Bonito/MS, baseado em três espécies importantes para a segurança viária (anta, capivara e tamanduá-bandeira). Imagem por Yuri G.G. Ribeiro (ICAS/Projeto Bandeiras & Rodovias), constante nos Planos de Mitigação de rodovias da região de Bonito/MS, realizados em parceria com o grupo Bonito Não Atropela.

Avaliação da efetividade das sinalizações de travessia da vida selvagem nas rodovias e proposta de sinalizações alternativas

Placas indicando a possibilidade de encontro com animais silvestres nas rodovias são uma medida comumente utilizada para reduzir colisões veiculares, mas as evidências científicas demonstram que essas são as medidas mais ineficientes para reduzir as colisões com animais na rodovia e indicam uma mudança mínima no comportamento do motorista (RYTWINSKI *et al.*, 2016). No entanto, é provável que continuem a ser muito utilizadas, devido ao seu baixo custo e à facilidade de implementação. O estudo visa avaliar a efetividade de diferentes tipos de sinalizações atualmente utilizadas, através de experimento de velocidade veicular e pesquisa pública, e utilizar

pesquisa exploratória e *workshops* multidisciplinares de *design thinking* para propor sinalizações alternativas que melhorem a resposta do motorista a essa medida.

Até o momento, na BR-262/MS, entre as cidades de Campo Grande e Corumbá, foram coletados e analisados os dados de velocidade para avaliar o efeito de diferentes placas no comportamento dos motoristas (DUMALAKAS, 2022) e conduzidas entrevistas com caminhoneiros para estudar a percepção de motoristas sobre as placas.

Programa Heróis da Estrada

O uso cotidiano de rodovias leva os caminhoneiros a estarem frequentemente expostos a colisões veiculares com fauna, o que os torna atores-chave no engajamento por rodovias mais seguras. Através do experimento de ciência-cidadã *Heróis da Estrada*, os caminhoneiros utilizarão um aplicativo de *smartphone*, por meio do qual, seus registros de avistamento de espécies silvestres poderão auxiliar na validação de modelos preditivos de *hotspots* para colisões veiculares com fauna e receberão alertas sonoros para áreas de *hotspots* já validadas. Espera-se que tal participação contribua para a conservação da biodiversidade, a maior segurança veicular e o reconhecimento do importante papel desse grupo para a sociedade.

Elaboração de diretrizes e políticas públicas para redução de colisões veiculares com fauna

O limitado acesso a orientações detalhadas em língua portuguesa sobre protocolos metodológicos e analíticos de diagnóstico de fauna atropelada tem retardado as iniciativas de implantação e monitoramento de medidas de mitigação (SAITO; BALESTIERI, 2021). Por isso, busca-se criar diretrizes e ferramentas para qualificar os estudos de fauna durante o licenciamento ambiental de rodovias, aproximar os órgãos competentes para elaborar estratégias de redução de colisões veiculares com fauna, contribuindo com a implementação de políticas públicas e promovendo rodovias mais seguras para os animais e as pessoas. Em 2021, em parceria com o Governo do Estado do Mato Grosso do Sul e diversas instituições públicas e privadas, foi lançado o *Manual de orientações técnicas para mitigação de colisões veiculares com fauna nas rodovias*

estaduais do Mato Grosso do Sul, que foi institucionalizado pela Resolução Conjunta SEINFRA/SEMAGRO nº 001 de 13/01/2022[26].

Visto que os recursos para mitigação são limitados, tem-se trabalhado o *ranking* das estradas mais críticas para acidentes entre fauna e veículo. A classificação das rodovias em termos de segurança viária pode ajudar o poder público a priorizar aquelas que precisam de medidas de mitigação urgentes. Além disso, estão sendo elaborados indicadores e diretrizes para certificação ambiental de rodovias como mecanismos de engajamento e aceleração para implantar medidas de mitigação de colisões veiculares com fauna no estado.

Reabilitação e soltura monitorada de tamanduás-bandeiras órfãos na natureza

Através da parceria com o Projeto TamanduASAS, uma iniciativa pioneira da ONG Nobilis, têm sido realizadas reintroduções de indivíduos da espécie (Figura 6) para que eles, além de ganharem uma nova chance, possam atuar como bioindicadores de qualidade ambiental, permitindo a identificação das consequências dos impactos antrópicos e o direcionamento de ações para mitigá-los. As ações de mitigação de impactos focam nos quatro principais problemas encontrados em Minas Gerais, na região de atuação do Projeto TamanduASAS: conflito com cães, colisões veiculares, incêndios e perda de *habitat*. Com a atuação na região, foi possível articular e engajar proprietários, incentivando a criação de RPPNs para mitigar o impacto da perda de *habitat*. Também foi criada a Ação Cãovivência, um projeto que visa criar, junto com a comunidade, estratégias que reduzam os impactos negativos dos cães sobre os tamanduás-bandeira enquanto melhoram o bem-estar e as funções sociais dos cães para as pessoas. Para melhorar a segurança das solturas, introduziu-se, na região, ações de brigada de incêndio e de mitigação de colisões nas rodovias próximas às áreas de soltura dos animais silvestres. Para conhecer as histórias dos tamanduás órfãos, visite a série TamanduASAS no canal do Instituto de Conservação de Animais Silvestres (ICAS) no YouTube[27].

[26] "Manual de orientações técnicas para mitigação de colisões veiculares com fauna nas rodovias estaduais do Mato Grosso do Sul": Disponível em: https://www.estradaviva.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/12/Manual-orientacoes-mitigacao-CVF-MS-SEINFRA.pdf. Acesso em 15 de novembro de 2022.

[27] Disponível em: https://www.youtube.com/c/InstitutodeConserva%C3%A7%C3%A3odeAnimaisSilvestresICAS. Acesso em 16 de novembro de 2022.

Figura 6 – Órfão de tamanduá-bandeira em reabilitação. Imagem por Juliana Magnino (Nobilis/Projeto TamanduASAS).

Colaboração com iniciativas educacionais sobre a temática das colisões com a fauna

Visando ampliar a ação educativa no estado de Mato Grosso do Sul, buscamos fortalecer o diálogo com as nossas parcerias, promovendo sensibilização e ações que de fato gerem mudanças significativas no cenário atual sobre colisões veiculares com a fauna. O Projeto tem trabalhado com campanhas, elementos gráficos e gerado conteúdos específicos para os caminhoneiros e outros públicos que ainda não haviam sido trabalhados na fase 1. Em 2022, foi lançado o livro *Estradas mais seguras para todos: no caminho para reduzir as colisões com fauna*[28], com o conteúdo da *Série Mitigações*, postado nas redes sociais do Projeto Bandeiras & Rodovias, cujo objetivo é divulgar as diversas formas de mitigar o impacto das colisões veiculares com fauna.

Além disso, a colaboração com as secretarias de meio ambiente, educação e de trânsito de três diferentes municípios do estado tem ajudado a ampliar as formações de professores e, com isso, potencializar as mensagens em mais escolas e outros espaços de educação. Como exemplo, no ano

[28] Para o download do livro "Estradas mais seguras para todos: no caminho para reduzir as colisões com fauna" acesse: https://www.icasconservation.org.br/wp-content/uploads/2022/05/livro-mitigacoes-final.pdf. Acesso em 16 de novembro de 2022.

de 2021, a formação *on-line* foi realizada pela Secretaria de Educação de Campo Grande, chegando a 550 pessoas. Além disso, trabalhou-se mais diretamente com campanhas em datas comemorativas em parceria com zoológicos brasileiros e internacionais.

Comunicação sobre a conservação da biodiversidade

A comunicação do Projeto Bandeiras & Rodovias tem como objetivo ir além da disseminação de informações, buscando estabelecer contato entre todos os envolvidos, facilitar a participação da comunidade e construir um relacionamento sólido entre pesquisadores, motoristas, profissionais que atuam nas rodovias e a sociedade civil em geral. Bem aplicada, a comunicação social contribui para a aproximação entre a população e os projetos socioambientais, promovendo o diálogo como forma de resolução de problemas e possibilitando a criação da consciência ambiental, que impacta positivamente a mudança de atitudes.

Assim, o papel da comunicação no Instituto de Conservação de Animais Silvestres (ICAS) consiste em promover a conexão entre a pesquisa e a comunidade através dos diversos meios de comunicação, sejam os tradicionais, sejam os virtuais, como as mídias sociais, pelos quais temos a oportunidade não só de comunicar, mas de escutar e conhecer a opinião do público, propiciando o engajamento de todos para a construção de rodovias mais seguras para todos. Afinal, proteger a fauna é cuidar da vida!

Agradecimentos: Gostaríamos de agradecer à REET Brasil e à CETESB pela oportunidade de divulgar o Projeto Bandeiras & Rodovias, aos nossos colaboradores, parceiros e financiadores do Projeto Bandeiras & Rodovias[29], e, em especial, à Fondation Segré.

Confira nossas publicações técnicas e científicas em:

https://www.icasconservation.org.br/projetos/bandeiras-e-rodovias/publicacoes/

[29] Disponível em em: https://www.giantanteater.org/supporters. Acesso em 16 de novembro de 2022.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, F. D.; HUIJSER, M. P.; PEREIRA, S. C.; FERRAZ, K. M. P. M. B. How reliable are your data? Verifying species identification of road-killed mammals recorded by road maintenance personnel in São Paulo State, Brazil. **Biological Conservation**, v. 225, p. 42-52, 2018. DOI: 10.1016/j.biocon.2018.06.019

ABRA, F.D.; GRANZIERA, B.M.; HUIJSER, M.P; FERRAZ, K.M.P.M.D.B.; HADDAD, C.M.; PAOLINO R.M. Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil. **PLoS ONE** 14(4): e0215152, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0215152

ABRA, F.D.; CANENA, A. C.; GARBINO, G. S. T.; MEDICI, E. P. Use of unfenced highway underpasses by lowland tapirs and other medium and large mammals in central-western Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18, n. 4, p. 247-256, 2020. DOI: 10.1016/j.pecon.2020.10.006

ALBERICI, V. A. *et al*. **Effects of road mortality on the abundance of medium and large mammals in agricultural landscapes**. 2022. (*in* prep).

ASCENSÃO, F.; DESBIEZ, A. L. J.; MEDICI, E. P.; BAGER, A. Spatial patterns of road mortality of medium–large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Wildlife Research**, v. 44, n. 2, p. 135-146, 2017. DOI: 10.1071/WR16108

ASCENSÃO, F.; YOGUI, D.R.; ALVES, M.H.; ALVES, A.C.; ABRA, F.; DESBIEZ, A.L.J. Preventing wildlife roadkill can offset mitigation investments in short term. **Biological Conservation**, v. 253, 108902, 2021. DOI: 10.1016/j.biocon.2020.108902

ASCENSÃO, F.; DESBIEZ, A. L. J. Assessing the impact of roadkill on the persistence of wildlife populations: a case study on the giant anteater. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 20, n. 3, p. 272-278, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pecon.2022.05.001

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n. 148, 7 jun. 2022. Atualização da lista nacional oficial de espécies ameaçadas de extinção. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, p. 74-103, 8 junho 2022. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf . Acessado em: 14/12/2022.

CALCHI, A.C.*;* VULTÃO, J.G.; ALVES, M.H.; YOGUI, D.R.; DESBIEZ, A.L.J.; AMARAL, R.B.; SANTI; TEIXEIRA, M.M.G.; WERTHER, K.; MACHADO, R.Z.; ANDRÉ, M.R. Multi-locus sequencing reveals a novel *Bartonella* in mammals from the Superorder Xenarthra. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 67, n. 5, p. 2020-2033, 2020a. DOI: 10.1111/tbed.13545

CALCHI, A.C.*;* VULTÃO, J.G.; ALVES, M.H.; YOGUI, D.R.; DESBIEZ, A.L.J.; AMARAL, R.B.; SANTI; TEIXEIRA, M.M.G.; WERTHER, K.; MACHADO, R.Z.; ANDRÉ, M.R. *Ehrlichia* spp. and

Anaplasma spp. in Xenarthra mammals from Brazil, with evidence of novel '*Candidatus Anaplasma* spp'. **Scientific Reports**, v. 10, 12615, 2020b. DOI: 10.1038/s41598-020-69263-w

CARVALHO, G. O. D.*;* MEIRE, R.O.; LINO, A.S.; YOGUI, D.R.; DESBIEZ, A.L.J.; TORRES, J.P.M.; MALM, O. Biomonitoring mercury contamination using fur from roadkilled giant anteaters. **Chemosphere**, v. 270, n. 128644, 2021. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.128644

CATAPANI, M. L. Pessoas e grandes xenartros: uma abordagem das Dimensões Humanas para orientar a coexistência. 2021. **Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM)**, Instituto de Energia e Ambiente. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106132/tde-22112021-133719/pt-br.php . Acessado em: 14/12/2022.

DESBIEZ, A. L. J.; BERTASSONI, A.; TRAYLOR-HOLZER, K. Population viability analysis as a tool for giant anteater conservation. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18, n. 2, p. 124-131, 2020. DOI: 10.1016/j.pecon.2020.04.004

DUMALAKAS, B. C. Efeito das sinalizações de travessia de fauna sobre a velocidade dos motoristas: um experimento na BR-262, Mato Grosso do Sul, Brasil. 2022. **Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

FROMME, L.; YOGUI, D.R.; ALVES, M.H.; DESBIEZ, A.L.J.; LANGEHEINE, M.; QUAGLIATTO, A.; SIEBERT; BREHM, R. Morphology of the genital organs of male and female giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*). **PeerJ**, v. 9, e11945, 2021. DOI: 10.7717/peerj.11945

ICAS. Instituto de Conservação de Animais Silvestre. **Projeto Bandeiras & Rodovias: Principais resultados da fase 1**. Campo Grande, 2021. Disponível em: https://www.icasconservation.org.br/projetos/bandeiras-e-rodovias/ Acessado em: 17/07/2022.

IUCN. International Union for Conservation of Nature. 2021. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2021-3. Disponível em: https://www.iucnredlist.org Acessado em: 17/07/2022.

KLUYBER, D.; ATTIAS, N.; ALVES, M.H.; ALVES, A.C.; MASSOCATO, G.; DESBIEZ, A.L.J. Physical capture and chemical immobilization procedures for a mammal with singular anatomy: the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). **European Journal of Wildlife Research**, v. 67, n. 67, p. 1-10, 2021. DOI: 10.1007/s10344-021-01503-4

NAVAS-SUÁREZ, P.E.; DIAZ-DELGADO, J.; CAIAFFA, M.G.; DA SILVA, M.C.; YOGUI, D.R.; ALVES, M.H.; CEREDA, J.F.; DA SILVA, M.P.; CREMER, M.J.; ASCENSÃO, F.; LORIGADOS, C.A.B.; MEDICI, E.P.; DESBIEZ, A.L.J.; CATÃO-DIAS, J.L. Characterization of traumatic injuries due to motor vehicle collision in Neotropical Wild Mammals. **Journal of Comparative Pathology**, v. 197, p. 1-18. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2022.06.003

NAVAS-SUÁREZ, P. E.; SACRISTÁN, C.; DÍAZ-DELGADO, J.; YOGUI, D.R.; ALVES, M.H.; FUENTES-CASTILLO, D.; OSPINA-PINTO, C.; ZAMANA, R.R.; DESBIEZ, A.L.J.; CATÃO-DIAS, J.L. Pulmonary adiaspiromycosis in armadillos killed by motor vehicle collisions in Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, n. 272, p. 1-9, 2021. DOI: 10.1038/s41598-020-79521-6

NOONAN, M. J.; ASCENSÃO, F.; DESBIEZ, A.L.J. Roads as ecological traps for giant anteaters. **Animal Conservation**, v. 25, n. 2, p. 182-194, 2021. DOI: 10.1111/acv.12728

OLIVEIRA, L. B.; CALCHI, A.C.; VULTÃO, J.G.; YOGUI, D.R.; KLUYBER, D.; ALVES, M.H.; DESBIEZ, A.L.J.; SANTI, M.; SOARES, A.G.; SOARES, J.F.; WERTHER,K.; TEIXEIRA, M.M.G.; MACHADO, R.Z.; ANDRÉ, M.R. Molecular investigation of haemotropic mycoplasmas and Coxiella burnetii in free-living Xenarthra mammals from Brazil, with evidence of new haemoplasma species. **Transboundary and Emerging Diseases**, p. 1-15, 2022. DOI: 10.1111/tbed.14523

RYTWINSKI, T.; SOANES, K.; JAEGER, J.A.G.; FAHRIG, L.; FINDLAY, C.S.; HOULAHAN, J.; VAN DER REE, R.; VAN DER GRIFT, E.A. How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. **Plos One**, v. 11, n. 11, e0166941, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0166941

SAITO, E. N.; BALESTIERI, M. F. **Manual de orientações técnicas para mitigação de colisões veiculares com fauna silvestre nas rodovias estaduais do Mato Grosso do Sul**. 1 ed. Campo Grande: Seinfra, 2021. Disponível em: https://www.estradaviva.ms.gov.br/wp-content/uploads/2021/12/Manual-orientacoes-mitigacao-CVF-MS-SEINFRA.pdf Acessado em:17/07/2022.

SCHWARTZ, A. L. W.; SHILLING, F. M.; PERKINS, S. E. The value of monitoring wildlife roadkill. **European Journal of Wildlife Research**, v. 66, n. 18, p. 1-12, 2020. DOI: 10.1007/s10344-019-1357-4

TEIXEIRA, F. Z.; COELHO, A.V.P.; ESPERANDIO, I.B.; KINDEL, A. Vertebrate road mortality estimates: effects of sampling methods and carcass removal. **Biological Conservation**, v. 157, p. 317-323, 2013. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.09.006

COLISÕES COM MAMÍFEROS SILVESTRES NAS RODOVIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO: IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DA FAUNA, SEGURANÇA HUMANA E ECONOMIA

Fernanda Delborgo Abra[*,**,***,****], *Marcel Pieter Huijser*[*****] *e Katia Maria Micchi de Barros Ferraz*[*,****]

[*]Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil

[**]Center for Conservation and Sustainability, Smithsonian Conservation Biology Institute, National Zoological Park, Washington, DC, United States

[***]ViaFAUNA Estudos Ambientais, São Paulo, SP, Brasil

[****]Instituto Pró-Carnívoros, Atibaia, SP, Brasil

[*****]Western Transportation Institute, Montana State University, Bozeman, MT, USA

O CONTEXTO DO IMPACTO NA FAUNA CAUSADO POR RODOVIAS NO BRASIL E NO MUNDO

A perda global da biodiversidade é especialmente notável nas regiões tropicais. Muitas áreas tropicais têm sido extensivamente modificadas por atividades humanas, incluindo a expansão de áreas urbanas, agricultura e malha de transporte (GIBBS *et al.*, 2010; FOLEY *et al.*, 2011; LAURANCE, 2014).

Esses projetos de infraestrutura lineares estão entre os impactos mais severos causados pelo homem em paisagens naturais. Este é um problema global que possui grandes implicações para o ambiente natural, incluindo diversas espécies silvestres (LODÉ *et al.*, 2000; BOND & JONES, 2008).

Para os animais silvestres, o efeito das rodovias e do tráfego variam desde a perda de habitat (FORMAN *et al.*, 2003), redução na qualidade do habitat em zonas adjacentes às rodovias (e.g. ruído, iluminação artificial, poluição e perturbação visual) (FORMAN *et al.*, 2003; EIGENBROD *et al.*, 2009; PARRIS *et al.*, 2009), efeito barreira, incluindo a interrupção de migrações e dispersões

(NELLEMANN *et al.*, 2001; VISTNES *et al.*, 2004; LESBARRÈS; FAHRIG, 2012) e mortalidade direta por colisão com veículos (FORMAN & ALEXANDER, 1998; FAHRIG; RYTWINSKI, 2009).

A mortalidade direta tem o potencial de alterar a estrutura demográfica de populações de animais silvestres (STEEN; GIBBS, 2004) e criar sumidouros de populações locais (NIELSEN *et al.*, 2006). Tais mudanças podem alterar a estrutura e a funcionalidade de comunidades e ecossistemas adjacentes às rodovias (TROMBULAK; FRISSELL, 2000). A extensão destes impactos depende de características das rodovias, tais como, densidade rodoviária, volume de tráfego, bem como, estrutura da paisagem, proximidade com áreas protegidas, diferentes espécies de animais e suas histórias naturais (FAHRIG *et al.*, 1995; AMENT *et al.*, 2008; FRAIR *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2015; RYTWINSKI; FAHRIG, 2013).

A perda de indivíduos de animais por morte direta de atropelamento tem sido bem documentada em todo o mundo. Muitos estudos têm estimado o número de atropelamentos. Os estudos diferem no grupo de animais, tipos diferentes de rodovias e períodos de estudo. Anualmente, as estimativas de atropelamentos incluem 159.000 mamíferos e 653.000 aves na Holanda, 7 milhões de aves na Bulgária a 5 milhões de anfíbios e répteis na Austrália (FORMAN; ALEXANDER, 1998; VAN DER ZANDE *et al.*, 1980; BENNETT, 1991). Nos Estados Unidos, os atropelamentos têm sido estimados em 80 milhões de aves em rodovias por ano (ERICKSON *et al.*, 2005), enquanto 1 milhão de vertebrados terrestres são estimados atropelados por ano nas rodovias (FORMAN; ALEXANDER, 1998). No Brasil, existem duas estimativas para vertebrados atropelados, 14,7 (± 44,8) milhões por ano (DORNAS *et al.*, 2012), e 475 milhões por ano (430 milhões de pequenos animais, 40 milhões de médios vertebrados e 5 milhões de grandes vertebrados) (CBEE, 2019 – dados não publicados).

A maioria dos estudos é realizada em rodovias de grande porte e alto tráfego (HUIJSER *et al.*, 2009; HUIJSER *et al.*, 2013; FREITAS *et al.*, 2015). O impacto de rodovias de pequeno porte geralmente recebe menos atenção (veja MAGIOLI *et al.*, 2018). Ainda, a maioria dos estudos envolvem mamíferos de médio e grande porte. A preocupação dos atropelamentos com mamíferos é geralmente maior do que com outros grupos de animais por diversos motivos: grandes mamíferos colocam em risco a segurança humana e apresentam maiores perdas econômicas associadas ao reparo de veículo em caso de colisão (GROOT BRUINDERINK; HAZEBROEK, 1996; HUIJSER *et al.*, 2009), e existe uma grande preocupação com a conservação biológica dos mamíferos. Entorno de 27% de todas as espécies de mamíferos estão em risco de extinção (CARDILLO *et al.*,

2005; SCHIPPER *et al.*, 2008). Ainda, uma vez que os mamíferos são geralmente carismáticos (COURCHAMP *et al.*, 2018), eles frequentemente são usados como "espécies guarda-chuva" em planos estratégicos de conservação (JENKINS *et al.*, 2013).

Ainda, em países tropicais, o foco da redução dos atropelamentos geralmente se dá pela conservação da biodiversidade em comparação com segurança humana, o que aumenta a inclusão de espécies de pequeno porte nos estudos (BROKIE *et al.*, 2009; BRAZ; FRANÇA, 2016). No entanto, isso não significa que a segurança humana não é uma preocupação em países tropicais. Espécies de grande porte também podem afetar a segurança humana nos trópicos. Por exemplo, na América do Sul: e.g. anta (*Tapirus terrestris*), capivara (*Hydrochoerus hydrochoeris*), veados (*Mazama* spp.), cervo do pantanal (*Blastocerus dichotomus*) (BUENO *et al.*, 2013; HUIJSER *et al.*, 2013; MEDICI *et al.*, 2016, MEDICI; ABRA 2019), na África: por exemplo, elefante Africano (*Loxodonta Africana*) e kudu (*Tragelaphus strepsiceros*) (DREWS, 1995; ELOFF; VAN NIEKERK, 2005), Ásia: por exemplo, elefante Asiático (*Elephas maximus*) (VIDYA; THUPPIL, 2010), e na Oceania: por exemplo, cangurus (*Macropus* spp.) (BOND; JONES, 2013; KLÖCKER *et al.*, 2006).

Na América do Sul, pouca informação é disponível sobre o risco que a colisão envolvendo animais em rodovias causa para a segurança humana e custos financeiros associados. No entanto, em 2014, a Polícia Rodoviária Federal Brasileira registrou 3.174 colisões envolvendo animais no Sistema Rodoviário Federal (IPEA, 2015). Colisões envolvendo animais em rodovias representaram 1,9% de todos os acidentes registrados dos quais, 40,9% resultaram em vítimas humanas com ferimentos e 2,6% resultaram em mortes humanas (IPEA, 2015).

Especialistas em Ecologia de Estradas em diversos países têm usado localizações georreferenciadas de colisões envolvendo animais em rodovias para investigar padrões espaciais em relação às características das rodovias e da paisagem (RAMP *et al.*, 2005, 2006; MOUNTRAKIS; GUNSON, 2009). Os resultados mostram que as colisões envolvendo animais não são distribuídas aleatoriamente, mas se mostram espacialmente congregados para diversas espécies de vertebrados (JOYCE; MAHONEY, 2001; CLEVENGER *et al.*, 2003; RAMP *et al.*, 2006). Pesquisadores também têm usado novas ferramentas de modelagens para auxiliar nos processos de tomadas de decisão para conservação da biodiversidade (ELITH; LEATHWICK, 2009; FRANKLIN, 2010). Essas ferramentas incluem modelos de predição de atropelamentos (MALO *et al.*, 2004) para identificar variáveis (e.g. paisagem, *design* da rodovia, tráfego), que são associadas com locais de colisões para espécies específicas (NIELSEN *et al.*, 2003; SAEKI; MACDONALD, 2004; SEILER, 2004; DUSSAULT *et al.*, 2006; GARROTE *et al.*, 2018; WILLIAMS *et al.*, 2019).

Modelos de predição podem ser úteis para agências de meio ambiente e de transporte porque eles permitem a identificação de áreas onde medidas de mitigação para redução dos atropelamentos são mais necessárias (e.g. passagens inferiores de fauna, viadutos vegetados, cercas, pontes de dossel, sistemas de detecção animal). Os modelos também podem influenciar o *design* de novas rodovias e predizer quais impactos as rodovias podem ter em relação às populações silvestres.

O CONTEXTO RODOVIÁRIO NO ESTADO DE SÃO PAULO

O estado de São Paulo está localizado no sudeste do Brasil (248.219 km2) e é o estado mais desenvolvido e próspero do país, gerando 24% do Produto Interno Bruto brasileiro. Além disso, o Estado de São Paulo abriga mais de 44 milhões de pessoas, cerca de 22% da população total do Brasil (IBGE, 2023).

Nas últimas décadas, o estado de São Paulo experimentou rápidas mudanças no uso da terra. Isso incluiu a conversão dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, ambos considerados *hotspots* mundiais de biodiversidade (MITTERMEIER *et al.*, 2011), em pastagens e lavouras, áreas urbanas, uma expansão da malha viária (aumento de 33% na extensão entre 1988 e 2013) (DER, 2023), e um aumento no número de veículos registrados (aumento de 329% entre 1998 e 2018) (DER, 2023).

O estado de São Paulo possui 199.371 km de estradas não pavimentadas e pavimentadas (0,8 km estradas/km^2), uma das maiores densidades rodoviárias do Brasil (DER, 2023). Desde 1990, alguns estados brasileiros iniciaram um programa de concessões rodoviárias para melhorar a malha rodoviária e fazê-la atender às normas de segurança e outras normas de engenharia. O programa visa transformar rodovias públicas em rodovias administradas por empresas privadas de pedágio, sob a condição de que as empresas de pedágio melhorem as estradas; incluindo uma atualização de rodovias de duas pistas para rodovias de quatro pistas. Essa modernização é paga pelos usuários por meio de pedágios. As concessões rodoviárias no estado de São Paulo começaram em 1998 e não visavam apenas melhorar a segurança e outros padrões de engenharia das estradas, mas também melhorar sua sustentabilidade ambiental e social. Esta estratégia de melhoria da rede rodoviária parece ter sido um sucesso. Em 2018, a CNT (Confederação Nacional do Transporte) avaliou todas as estradas pavimentadas do Brasil, e 18 das 20 melhores estradas pavimentadas estavam localizadas no estado de São Paulo, todas administradas por empresas rodoviárias.

A extensão total de estradas pavimentadas no estado de São Paulo é de 36.503 km. Essas vias são administradas por quatro tipos de administradores: (I) as vias públicas estaduais são

administradas pelo Departamento de Estradas de Rodagem (DER) (2 ou 4 pistas); (II) rodovias estaduais administradas por diferentes empresas de rodovias privadas (2 ou 4 faixas); (III) Rodovias federais administradas pela Agência Federal de Transportes (2 faixas) e diversas empresas rodoviárias particulares (4 faixas); e (IV) estradas administradas por diferentes municípios com apenas duas pistas (DER, 2023).

As vias administradas pelo DER ou municípios costumam ter duas pistas, acostamentos estreitos ou inexistentes, ausência frequente de iluminação pública e assistência médica relativamente lenta e precária. Em comparação, as rodovias com pedágio tendem a ser grandes rodovias de quatro pistas que foram reconstruídas nas últimas décadas. Essas rodovias tendem a ter amplas zonas livres de acostamentos e faixas de domínio, guarda-corpos, barreiras medianas (por exemplo, barreiras medianas de concreto do tipo *Jersey*) em locais específicos, iluminação pública em áreas selecionadas e assistência médica e mecânica relativamente rápida e moderna fornecida pelas respectivas empresas rodoviárias. O volume de tráfego e o limite legal de velocidade postado (variando entre 80-120 km/h) é tipicamente maior em rodovias que cobram pedágio do que em rodovias administradas pelo DER ou municípios.

ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS SILVESTRES REGISTRADOS POR NÃO ESPECIALISTAS EM RODOVIAS CONCEDIDAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Embora muitos estudos de atropelamentos dependam de dados coletados por não especialistas, o controle de qualidade de dados geralmente não existe. Em estudo conduzido por Fernanda Delborgo Abra (ABRA *et al.* 2018), investigamos se o pessoal de manutenção (não especialistas) de rodovias identificaram corretamente as espécies de atropelamentos mamíferos silvestres no Estado de São Paulo.

De maneira geral, o pessoal de manutenção de rodovias normalmente identificou bem certas espécies comuns, grandes ou altamente conhecidas como capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), puma (*Puma concolor*) ou animais com nomes genéricos como tamanduás, tatus e veados, sem precisão das espécies. No entanto, espécies raras ou raramente vistas (furão, *Galictis cuja*; gato-mourisco, *Herpailurus yagouaroundi*), espécies que se assemelham a outras espécies (por exemplo, pequenos canídeos e felinos silvestres como os do gênero *Leopardus*), ou espécies que não são reconhecíveis são muitas vezes identificados erroneamente, descritos de forma ambígua ou não identificado.

Para melhorar a confiabilidade da identificação de espécies de animais atropelados, é altamente recomendável que a equipe de manutenção das rodovias seja frequentemente treinada na identificação das espécies e que os registros fotográficos incluam imagens com escala para acompanhar todos os registros de atropelamentos. Sugerimos também que os especialistas verifiquem todos os registros de atropelamentos e imagens associadas para espécies que podem ser uma preocupação para a conservação biológica e que são conhecidos por serem mal identificados por não especialistas. Acreditamos que essas recomendações não se aplicam apenas ao estado de São Paulo, mas em todo o mundo onde os dados de atropelamentos são coletados por pessoas que não são especialistas em identificação de espécies.

QUANTOS ANIMAIS SÃO ATROPELADOS NO ESTADO DE SÃO PAULO?

Entre 2005 e 2014, as rodovias concedidas do Estado de São Paulo registraram 37.744 indivíduos de mamíferos silvestres de médio e grande porte atropelados (média= 3.774, SD +/- 1.159 indivíduos, min= 1.932, máximo= 5.369 por ano e 0,6 animais atropelados/km/ano), totalizando 32 espécies diferentes (ABRA *et al.* 2021). A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*, 33,4%), lebre-europeia (*Lepus europaeus*, 14,3%), cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*, 13,1%), tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*, 6,3%), ouriço (*Coendou* sp., 6%), tatu-peba (*Euphractus sexcinctus*, 4%), tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*, 3,1%) e guaxinim (*Procyon cancrivorus*, 2,4%) foram as espécies mais relatadas atropeladas, representando mais de 80% de todos os registros. Oito dessas espécies são consideradas ameaçadas de extinção nas esferas estaduais, federal ou níveis internacionais, como: lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), raposa-do-campo (*Lycalopex vetulus*), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), puma (*Puma concolor*), Macaco-prego (*Sapajus nigritus*), anta (*Tapirus terrestris*), gato-jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) e gato-do-mato-pequeno. Apenas duas espécies constantes no banco de dados são consideradas não-nativas no Brasil: lebre europeia (*Lepus europaeus*) e javali (*Sus scrofa*).

A maioria dos atropelamentos de mamíferos em rodovias concedidas (53,45%) foi relatada durante o período noturno (n = 14.189) e 46,54 % (n = 12.353) durante o período diurno. Excluindo a capivara, a espécie mais frequentemente observada em os registros de atropelamentos (33,42% de todos os dados de atropelamentos), a proporção de atropelamento relatado durante o dia (54,58%) versus a noite (45,41%) foi invertido. O pico de carcaças relatadas para todas as espécies de mamíferos foi entre 6h e 8h.

O número de registros de carcaças de mamíferos mostrou uma leve variação sazonal, com mais registros durante a estação chuvosa (55,55%, n = 15.318), do que na estação seca (44,45%, n = 12.255). Quando as capivaras foram excluídas da análise, a diferença entre as estações foi ligeiramente reduzida (chuvoso = 52,95%; seco = 47,05%). O maior número de mamíferos atropelados foi registrado em novembro (n= 3.042), seguido de dezembro (n= 2.827) e outubro (n = 2.821). Os atropelamentos de mamíferos tenderam a aumentar entre 2009 e 2014 (R2 = 0,614; p = 0,065), com um aumento médio de 313,5 indivíduos por ano.

As estimativas de mamíferos atropelados em todo o estado de São Paulo, considerando rodovias com quatro e duas faixas de rolamento, gerenciadas por empresas privadas ou poder público totalizaram uma média de 39.605 indivíduos (mínimo = 5.563; máximo = 175.963; mediana= 16.662) (ABRA *et al.* 2021). A estimativa média mostra que 11% dos atropelamentos ocorrem ao longo de estradas com pedágio e 89% ao longo de vias públicas. A ordem de mamíferos que foi mais frequentemente relatada nos atropelamentos foi *Rodentia*, seguida por *Carnivora* e *Cingulata*, que juntas somavam cerca de 73% de toda a estimativa média para o estado de São Paulo.

Esses dados de atropelamentos dá uma excelente base ao estado paulista sobre o tamanho do impacto, a perda direta não natural dos indivíduos de mamíferos somente por atropelamentos. Combinado com os resultados de outros estudos que documentam outras fontes de mortalidade não natural (por exemplo, caça furtiva), parâmetros relacionados com a demografia natural, e os resultados da população análises de viabilidade, podemos formular uma conservação mais eficaz.

Entre 2006 e 2015, a Polícia Ambiental do estado de São Paulo registrou 1.913 ocorrências de caça furtiva no estado de São Paulo, em que 9% os casos envolveram capivara (n = 173), 4,6% tatu-galinha (n = 94) e 1,1% de paca (n = 22) (AZEVEDO, 2018). Obviamente, o os números oficiais de caça furtiva para o Estado de São Paulo são uma severa subestimação porque depende de ter apanhado os caçadores furtivos em flagrante. Até com essas limitações, o número de mamíferos de médio e grande porte mortos por caçadores é provavelmente muito menor do que o número de atropelamentos mamíferos. Além disso, os atropelamentos afetam quase todas as espécies, enquanto caçadores tendem a atacar espécies específicas (CULLEN *et al.*, 2000; FERNANDES-FERREIRA; ALVES, 2017). Outra perspectiva sobre o impacto do atropelamento em uma espécie ameaçada vem de um estudo de rádio colar sobre lobos-guará. Dos sete lobos-guará monitorados no nordeste de São Paulo (Projeto *Lobos do Pardo*) entre junho de 2018 e junho de 2019, um indivíduo foi atropelado (Rogerio Cunha - ICMBio, *comunicação pessoal*). Com base nas informações limitadas

disponíveis, parece que é provável que a mortalidade nas rodovias seja um problema muito maior do que caça furtiva. Isso não significa que a caça furtiva da fauna não deva ser combatida ou levada a sério, mas significa que a mortalidade direta como resultado de colisões com veículos é provavelmente um problema muito sério, e que medidas destinadas a reduzir essas colisões são necessárias como parte de uma estratégia abrangente de conservação.

QUAIS OS CUSTOS DA MORTE DESTES ANIMAIS PARA SEGURANÇA HUMANA E NA ECONOMIA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO? E SOBRE A PERSPECTIVA JURÍDICA DOS ATROPELAMENTOS?

Durante um período de onze anos (2003-2013), o banco de dados do Polícia Militar Rodoviária do Estado de São Paulo (PMRSP) totalizou 889.797 registros de acidentes (todos os tipos) no estado de São Paulo, incluindo 28.724 (3,3%) acidentes com animais.

Em média, houve 2.611 acidentes com veículos animais por ano (número mínimo 2.347, número máximo 2.916), resultando em média de 483 colisões (18,5%) envolvendo ferimentos ou mortes humanas. Houve um aumento médio de 3.834,4 acidentes totais relatados por ano e um aumento médio de 44,8 reportaram acidentes com veículos por ano. As colisões com animais envolvendo vítimas humanas resultaram em uma média anual de 531 humanos com ferimentos leves, 116 humanos com ferimentos graves e 20 mortes humanas. Acidentes de veículos animais com bicicletas e motocicletas quase sempre resultaram em lesões e fatalidades (> 90% dos casos) (ABRA *et al.* 2019).

Embora o número total de acidentes com veículos envolvendo animais tenha sido semelhante para rodovias administradas por empresas de pedágio e DER, o número de acidentes envolvendo ferimentos ou mortes humanas nas rodovias do DER foi mais que o dobro do registrado ao longo de estradas com pedágio. Dos 28.724 acidentes, 71,62% (n = 20.575) ocorreram à noite entre as 19h e 6h, com picos ao amanhecer e ao anoitecer.

Os custos totais anuais para a sociedade, associados aos acidentes com veículos animais relatados em São Paulo foram de R$ 56.550.642,00 em 2013. O custo médio de um acidente envolvendo animal em rodovia, independentemente da ocorrência de ferimentos e mortes humanas, foi de R$ 21.656,00. O custo médio de um acidente sem ferimentos ou mortes humanas (82% dos 23.415 acidentes com veículos animais) foi quase 50% menor; R$ 11.364,00. Considerando que o

custo médio de um acidente com ferimentos ou mortes humanas (18% do valor dos acidentes veículos-animais) foi de R$ 67.048,00. No entanto, a maior parte dos custos (57%) estava associada com colisões que envolveram ferimentos ou mortes humanas (ABRA *et al.* 2019).

O número de processos judiciais relacionados com colisões entre animais e veículos aumentou substancialmente entre 2005 e 2014 no estado de São Paulo. O aumento médio de processos judiciais foi de 14,8 por ano. De 797 processos judiciais neste período, 14,4% incluíram mortes humanas (n = 115 no total, média = 11,5 por ano). A maioria dos processos judiciais (69,5%, n = 554) foram relacionados a colisões entre animais e veículos em rodovias administradas por empresas rodoviárias, enquanto 30,1% (n = 240) foram em rodovias estaduais administradas pelo DER, e apenas 0,4% (n = 3) nas vias da cidade. A maioria dos processos judiciais se basearam em colisões envolvendo espécies domesticadas (64,4%, n = 513), seguido por espécies animais não identificadas (31,8%, n = 253), e espécies silvestres nativas do Brasil (3,9%, n = 31). Cavalos (37,5%, n = 299), bovinos (18,4%, n = 147) e cães (*Canis lupus familiaris*) (7,2%, n = 37) foram as espécies mais relatadas nos casos jurídicos. A espécie de animal silvestre mais frequentemente relatada foi a capivara (3,5%, n = 28), seguido por lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) (0,3%, n = 2) e anta (*Tapirus terrestris*) (0,1%, n = 1).

Dos 797 processos judiciais, a grande maioria (91,7%, n = 731) foi concedida a favor dos reclamantes com compensação financeira associada. Os registros do tribunal indicaram que os prêmios em favor dos demandantes se basearam no art. 37, §6º da Constituição Federal Brasileira (CF, 1988) e o Código de Defesa do Consumidor (CDC, 1990). Os administradores rodoviários são geralmente responsabilizados por colisões entre animais e veículos, pois fornecem um serviço ao público aos usuários. Esse tipo de responsabilidade não sugere negligência ou intenção de prejudicar por parte dos administradores rodoviários (RODRIGUES, 2007), ao contrário, baseia-se na proteção do "usuário" que é considerado o mais vulnerável das duas partes. A opinião dos tribunais é que o destinatário do serviço, os usuários devem esperar um transporte seguro. Se um animal (selvagem ou domesticado) entrar na rodovia e se envolver em uma colisão veicular, o administrador da rodovia é considerado não conforme sobre a obrigação de proporcionar viagens seguras e desimpedidas.

Desta forma, do ponto de vista jurídico, o Sistema Judiciário Brasileiro espera que os administradores rodoviários mantenham os animais, silvestres e domésticos, fora das rodovias. Desta forma, é altamente necessária a adoção das medidas de mitigação, especialmente as excludentes como as cercas, para manter os animais afastados das rodovias e contribuir para maior

segurança viária. Obviamente, em trechos cercados, deve-se observar a necessidade de implementação de dispositivos que facilitem a travessia dos animais sobre ou sob a rodovia como passagens inferiores e superiores de fauna, viadutos vegetados, entre outros.

PRÓXIMOS PASSOS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO EM BUSCA DE RODOVIAS MAIS SEGURAS PARA AS PESSOAS E PARA OS ANIMAIS

Para reduzir a mortalidade rodoviária de animais silvestres em rodovias pavimentadas no estado de São Paulo, os órgãos ambientais (Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo e CETESB) e agências de transporte (Secretaria de Transportes, DER e ARTESP) devem dialogar constantemente para oferecer soluções práticas durante o planejamento de rodovias e licenciamento ambiental de rodovias.

O estado de São Paulo precisa de um planejamento de longo prazo para reconectar a paisagem fragmentada, em um nível estrutural e funcional, usando medidas de mitigação como passagens inferiores, viadutos, passagem superiores para animais arborícolas e pontes em áreas prioritárias para conservação, cortadas por rodovias, principalmente em Unidades de Conservação de Proteção Integral.

Do ponto de vista da segurança humana, os engenheiros civis em São Paulo devem começar a incluir a presença, movimento e risco de animais silvestres ao tráfego para elevar os padrões de segurança no planejamento de rodovias - incluindo as novas rodovias ou a duplicação de rodovias existentes.

De um ponto de vista biológico, a perda de indivíduos de mamíferos, principalmente espécies ameaçadas, por atropelamento deve ser considerada como uma prioridade para reduzir a mortalidade não natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, F. D., GRANZIERA, B. M., HUIJSER, M. P., FERRAZ, K. M. P. M. D. B., HADDAD, C. M., & PAOLINO, R. M. (2019). Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil. **Plos One**, v. 14, n. 4, e0215152. DOI: 10.1371/journal.pone.0215152

ABRA, F. D., HUIJSER, M. P., MAGIOLI, M., BOVO, A. A. A., & DE BARROS, K. M. P. M. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. **Heliyon**, v. 7, n. 1, e06015, 2021. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06015

ABRA, F. D.; HUIJSER, M. P.; PEREIRA, S. C.; FERRAZ, K. M. P. M. B. How reliable are your data? Verifying species identification of road-killed mammals recorded by road maintenance personnel in São Paulo State, Brazil. **Biological Conservation**, v. 225, p. 42-52, 2018. DOI: 10.1016/j.biocon.2018.06.019

AMENT, R.; CLEVENGER, A.P.; YU, O.; HARDY, A. An assessment of road impacts on wildlife populations in U.S. National Parks. **Environmental Management**, Switzerland, v. 42, n. 3, p. 480-496, 2008. DOI: 10.1007/s00267-008-9112-8

AZEVEDO, F.C., LEMOS, F.G., FREITAS-JUNIOR, M.C., ROCHA, D.G., AZEVEDO, F.C.C. Puma activity patterns and temporal overlap with prey in a human-modified landscape at Southeastern Brazil. **J. Zool.** 305 (4), 246–255. 2018. DOI: 10.1111/jzo.12558

BENNETT, A.F. **Roads, roadsides and wildlife conservation: a review**. New South Wales: Surrey Beatty, 1991. 117p.

BOND, A.R.; JONES, D.N. Temporal trends in use of fauna-friendly underpasses and overpasses. **Wildlife Research**, Clayton South, v. 35, p. 103-112, 2008. DOI: 10.1071/WR07027

BRAZ, V.S.; FRANÇA, F.G.R. Wild vertebrate roadkill in the Chapada dos Veadeiros National Park, Central Brazil. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 16, p. 1-12, 2016. DOI: 10.1590/1676-0611-bn-2014-0182

BROKIE, R.E. *et al.* Long-term wildlife road-kill counts in New Zealand. **Journal of Zoology,** London, v. 36, p. 123-134, Feb. 2009. DOI: 10.1080/03014220909510147

BUENO, C.; FAUSTINO, M.T.; FREITAS, S.R. Influence of landscape characteristics on capybara road-Kill on highway BR-040, southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 130-137, 2013. DOI: 10.4257/oeco.2013.1702.11

CARDILLO, M. *et al.* Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. **Science**: New Series, USA, v. 309, n. 5738, p. 1239-1241. 2005. DOI: 10.1126/science.1116030

CBEE - **Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas**. 2019. Disponível em: http://cbee.ufla.br/portal/atropelometro/. Acessado em: 14/03/2019. Atualmente disponível em: https://ecoestradas.com.br/

CLEVENGER, A.P.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON, K.E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological Conservation**, Washington DC, v.109, p. 15-26. 2003. DOI: 10.1016/S0006-3207(02)00127-1

CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR, **Lei Federal nº 8078/1990**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm. Acessado em: 10/06/2018.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL BRASILEIRA - **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acessado em: 10/06/2018.

COURCHAMP, F.; JARIC, I.; ALBERT, C.; MEINARD, Y.; RIPPLE. W.J.; CHAPRON, G. The paradoxical extinction of the most charismatic animals. **PLoS Biology**, San Francisco, v. 16, p. 1-13, 2018. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2003997

CULLEN JR., L., BODMER, R.E., PADUA, C.V. Effects of hunting in habitat fragments of the Atlantic forests, Brazil. **Biological Conservation**, v. 95, n. 1, p. 49–56, 2000. DOI: 10.1016/S0006-3207(00)00011-2

DER. **Malha rodoviária**. Disponível em http://www.der.sp.gov.br/. Acessado em 26/07/2023.

DORNAS, R.A.P. *et al.* 2012. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. Pp. 139-152. In: BAGER, A. (Ed.). **Ecologia de estradas: tendências e pesquisas**. Lavras: UFLA, 2012.

DREWS, C. Roadkill of animals by public traffic in Mikumi National Park, Tanzania, with notes on Baboon mortality. **African Journal of Ecology**, África, v. 3, p. 89-100, 1995. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1995.tb00785.x

DUSSAULT, C.; POULIN, M.; COUTOIS, R.; QUELLET, J.P. Temporal and spatial distribution of moose-vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Quebec, Canada. **Wildlife Biology**, Lund, v. 12, p. 415-425, 2006. DOI: 10.2981/0909-6396(2006)12[415:TASDOM]2.0.CO;2

EIGENBROD, F.; HECNAR, S.J.; FAHRIG, L. Quantifying the road-effect zone: threshold effects of a motorway on anuran populations in Ontario, Canada**. Ecology and Society**, Wolfville, v. 14, p. 1-18, 2009. DOI: 10.5751/ES-02691-140124

ELITH, J.; LEATHWICK, J.R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 40, p. 677-697, 2009. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159

ELOFF, P.J.; VAN NIEKERK, A. Game, fences and motor vehicle accidents: spatial patterns in the Eastern Cape. **South African Journal of Wildlife Research**, South Africa, v. 35, p. 125-130, 2005. Disponível em: https://hdl.handle.net/10520/EJC117221

ERICKSON, W.P.; JOHNSON, G.D.; YOUNG, D.P. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. **USDA Forest Service General Technical Reports,** PSW-GTR-191, p. 1029-1042, 2005. Disponível em: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/32103

FAHRIG, L.; PEDLAR, J.H.; POPE, S.E.; TAYLOR, P.D.; WEGNER, J.F. Effect of road traffic on amphibian density. **Biological Conservation**, v. 73, p. 177-182, 1995. DOI: https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00102-V

FAHRIG, L; RYTWINSKI, T. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. **Ecology and Society**, Wolfville, v. 14, p. 21, 2009. DOI: 10.5751/ES-02815-140121

FERNANDES-FERREIRA, H., ALVES, R.R.N. The researches on the hunting in Brazil: a brief overview. **Ethnobiology and Conservation**, v. 6, 2017. Disponível em: https://www.ethnobioconservation.com/index.php/ebc/article/view/118

FOLEY, J.A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K.A.; CASSIDY, E.S.; GERBER, J.S.; JOHNSTON, M.; MULLER, N.D.; O'CONNEL, C.; RAY, D.K., WEST, P.C.; BELZER, C.; BENNET, E.M.; CARPENTER, S.R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTRÖM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D.P.M.. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, USA, v. 478, p. 337-342, 2011. DOI: 10.1038/nature10452

FORMAN, R.T.T. *et al.* **Road ecology: science and solutions**. 2th ed. Washington DC: Island Press, 2003. 504 p.

FORMAN, R.T.T.; ALEXANDER, L.E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review on Ecology and Systematics,** Palo Alto, v. 29, p. 207-231, 1998. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207

FRAIR, J.L. *et al.* Thresholds in landscape connectivity and mortality risks in response to growing road networks. **Journal of Applied Ecology**, UK, v. 45, p. 1504-1513, 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2008.01526.x

FRANKLIN, J. **Mapping species distribuitions.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 320p.

FREITAS, S.R., OLIVEIRA, A. N.; How landscape features influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian savanna? **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 18, p. 35-45, 2015. DOI: 10.4257/oeco.2014.18.05.02

GARROTE, G.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; LÓPEZ, G.; RUIZ, G.; SIMÓN, M.A. Prediction of Iberian lynx road– mortality in southern Spain: a new approach using the MaxEnt algorithm. **Animal Biodiversity and Conservation**, Barcelona, v. 41, p. 217-225, 2018. DOI: 10.32800/abc.2018.41.0217

GIBBS, H.K.; RUESCH, A.S.; ACHAERD, F.; CLAYTON, M.K.; HOLMGREN, P.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J.A. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. **PNAS**, Arizona, v. 107, p. 16732-16737, 2010. DOI: 10.1073/pnas.0910275107

GROOT BRUINDERINK, G.W.T.A.; HAZEBROEK, E. Ungulate Traffic Collisions in Europe. **Conservation Biology**, Washington DC, v. 10: 4 p. 1059-1067, 1996. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10041059.x

HUIJSER, M.P. *et al.* Cost–benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada; a decision support tool. **Ecology and Society**, Wolfville, v. 14, p. 15, 2009. DOI: 10.5751/es-03000-140215

HUIJSER, M.P.; ABRA, F.D.; DUFFIELD, J.W. Mammal road mortality and cost benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with Capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris)* in São Paulo State, Brazil. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 129-146, 2013. DOI: 10.4257/oeco.2013.1701.11

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acessado em: 26/07/2023.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras: Caracterização, Tendências e Custos para a Sociedade**. 2015. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=26277. Acessado em: 15/02/2019.

JENKINS, C.N.; PIMM, S.L.; JOPPA, L.N. Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation. **PNAS**, Arizona, v. 110, p.2602-2610, 2013. DOI: 10.1073/pnas.1302251110

KLÖCKER, U.; CROFT, D.B.; RAMP, D. Frequency and causes of kangaroo–vehicle collisions on an Australian outback highway. **Wildlife Research**, Australia, v. 33, p. 5-15, 2006. DOI: 10.1071/WR04066

LAURANCE, W. F.; CLEMENTS, G.R.; SLOAN, S.; O'CONNELL, C.S.; MUELLER, N.D.; GOOSEM, M.; VENTER, O.; EDWARDS, D.P.; PHALAN, B.; BALMFORD, A.; VAN DER REE, R.; ARREA, I.B. A global strategy for road building. **Nature**, USA, v. 513, p. 229, 2014. DOI: 10.1038/nature13717

LESBARRÈRES, D.; FAHRIG, L. Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? **Trends of Ecology and Evolution**, Riverport Lane, v. 27, p. 374–380, 2012. DOI: 10.1016/j.tree.2012.01.015

LODÉ, T. Effect of a motorway on mortality and isolation of wildlife populations. **Ambio**, Stockholm, v. 29, p. 163-166, 2000. DOI: 10.1639/0044-7447(2000)029[0163:eoamom]2.0.co;2

MAGIOLI, M.; BOVO, A.A.A.; HUIJSER, M.P.; ABRA, F.D.; MIOTTO, R.A.; ANDRADE, V.H.V.P.; NASCIMENTO, A.M.; MARTINS, M.Z.A.; FERRAZ, K.M.P.M.B. Short and narrow roads cause substantial impacts on wildlife. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. *23*, p. 99-111, 2018. DOI: 10.4257/OECO.2019.2301.09

MALO, J.E.; SUÁREZ, F.; DÍEZ, A. Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models? **Journal of Applied Ecology**, UK, v. 41, p. 701–710, 2004. DOI: 10.1111/j.0021-8901.2004.00929.x

MEDICI, E.P.; ABRA, F.D. Lições aprendidas na conservação da anta brasileira e os desafios para mitigar uma de suas ameaças mais graves: O atropelamento em rodovias. **Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia**, v. 85: p. 152-160, 2019. Disponível em: https://sbmz.org/wp-content/uploads/2020/06/BolSBMz85_ago2919.pdf

MEDICI, E.P.; TESTA-JOSÉ, C.; FERNANDES-SANTOS, R.C.; CANENA, A.C.; ABRA, F.D. Impacto de atropelamentos de fauna, particularmente anta brasileira, em rodovias estaduais e federais do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Relatório da Iniciativa nacional para a conservação da anta brasileira (INCAB)**, Instituto de pesquisas ecológicas (IPÊ). 2016. Disponível em: http://ipe.org.br/downloads/Relatorio_Tecnico_Parcial_Atropelamentos_Anta_Brasileira_MS.pdf.

MITTERMEIER, R.A., TURNER, W. R., LARSEN, F. W., BROOKS, T. M., GASCON, C. Global biodiversity conservation: The critical role of hotspots. Pp. 3-22. In: F. E. Zachos, J. C. Habel (Eds). **Biodiversity hotspots: Distribution and protection of conservation priority areas**. Springer, Berlin, 2011.

MOUNTRAKIS, G.; GUNSON, K.E. Multi-scale spatiotemporal analyses of moosevehicle collisions: a case study in northern Vermont. International **Journal of Geographic Information Systems**, Abingdon, v. 23, p. 1389-1412, 2009. DOI: https://doi.org/10.1080/13658810802406132

NELLEMANN, C.; VISTNES, I.; JORDHOY, P.; STRAND, O. Winter distribution of wild reindeer in relation to power lines, roads and resorts. **Biological Conservation**, Washington DC, v. 101, p. 351–360, 2001. DOI: https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00082-9

NIELSEN, C.K.; ANDERSON, R.G.; GRUND, M.D. Landscape influences on deer–vehicle accident areas in an urban environment. **Journal of Wildlife Management**, New York, v. 67, p. 46–51, 2003. DOI: 10.2307/3803060

NIELSEN, E.; STENHOUSE, G.B.; BOYCE, M.S. A habitat-based framework for grizzly bear conservation in Alberta. **Biological Conservation**, Washington, DC, v. 130, p. 217–229, 2006. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.12.016

PARRIS, K.M.; LORD, M.V.; NORTH, J.M.A. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. **Ecology and Society**, Wolfville, v. 14, p. 25, 2009. DOI: 10.5751/ES-02687-140125

RAMP, D.; WILSON, V.K.; CROFT, D.B. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. **Biological Conservation**, Washington DC, v. 129, p. 348-359, 2006. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.11.002

RAMP, D.J. *et al.* Modelling of wildlife fatality hotspots along the snowy mountain highway in New South Wales, Australia. **Biological Conservation**, Washington DC, v. 126, p. 474-490, 2005. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.07.001

RODRIGUES S. **Direito civil - Responsabilidade civil**. Vol. 4, 20ª Ed, p. 11, 2007.

RYTWINSKI, T.; FAHRIG, L. Why are some animal populations unaffected or positively affected by roads? **Oecologia**, Switzerland, v. 173, p. 1143–1156, 2013. DOI: 10.1007/s00442-013-2684-x

SAEKI, M.; MACDONALD, D.W. The effects of traffic on the raccoon do (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. **Biological Conservation**, Washington DC, v. 118, p. 559–571, 2004. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.10.004

SCHIPPER, J.; CHANSON, J. S.; CHIOZZA, F.; COX, N. A.; HOFFMANN, M.; KATARIYA, V.; LAMOREUX, J., RODRIGUES; A. S. L., STUART; S. N., TEMPLE; H. J., BAILLIE, J.; BOITANI, L.; LACHER, T. E.; MITTERMEIER, R. A.; SMITH, A. T.; ABSOLON, D.; AGUIAR, J. M.; AMORI, G.; BAKKOUR, N.; … YOUNG, B. E. The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. **Science**, USA, v. 322, p. 225-230, 2008. DOI: 10.1126/science.1165115

STEEN, D.A.; GIBBS, J.P. Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations. **Conservation Biology**, Washington, v. 18, p. 1143–1148, 2004. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2004.00240.x

TROMBULAK, S.C.; FRISSELL, C.A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, Washington DC, v. 14, p. 18-30, 2000. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x

VAN DER ZANDE, A.N.; TER KEURS, W.J.; VAN DER WEIJDEN, W.J. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat-evidence of a long-distance effect. **Biological Conservation**, Washington DC, v. 18, p. 299-321, 1980. DOI: 10.1016/0006-3207(80)90006-3

VIDYA, T.N.C.; THUPPIL, V. Immediate behavioral responses of humans and Asian elephants in the context of road traffic in southern India. **Biological Conservation**, Washington DC, v. 143, p. 1891–1900, 2010. DOI: 10.1016/j.biocon.2010.04.043

VISTNES, I.; NELLEMANN, C.; JORDHOY, P.; STRAND, O. Effects of infrastructure on migration and range use of wild reindeer. **The Journal of Wildlife Management**, New York, v. 68, p. 101-108, 2004. DOI: 10.2193/0022-541x(2004)068[0101:eoioma]2.0.co;2

WILLIAMS, S.T.; COLLINSON, W.; PATTERSON-ABROLAT, C.; MARNEWECK, D.G.; SWANEPOEL, L.H. *et al*. Using road patrol data to identify factors associated with carnivore roadkill counts. **PeerJ**, San Diego, p. 1-18, 2019. DOI: 10.7717/peerj.6650

PERFIL E ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS ENVOLVENDO ANIMAIS EM RODOVIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2019- 2021)

Renata Ramos Mendonça, Thales Andrés Carra e Vinicius Travalini

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)

INTRODUÇÃO

Os atropelamentos de animais em rodovias já foram apontados em diversos estudos como tendo impacto negativo expressivo na fauna, além de comprometerem a segurança operacional e gerarem custos para os usuários e administradores rodoviários. Dentro do licenciamento de obras rodoviárias, esse é um tema exaustivamente analisado com exigências de passagens de fauna associadas a cercas direcionadoras, adequação de pontes, placas sinalizadoras entre outros modos de mitigar esse impacto.

Porém, há ainda outro problema associado ao atropelamento de fauna que é a destinação dos animais. Após o óbito, as carcaças ainda podem gerar consequências negativas ou positivas dependendo da ação executada.

Nesse sentido, em 2017, a CETESB criou um grupo de trabalho para propor diretrizes para regulamentar a destinação das carcaças oriundas desses acidentes, visando a preservação da saúde pública, a gestão da qualidade do meio ambiente, o aproveitamento científico do material biológico gerado, além da proposição de regras bem definidas para o enterramento dos animais mortos nas faixas de domínio. Essa normativa foi publicada em agosto de 2018 como *Decisão de Diretoria CETESB 141/2018 (DD 141/2018)*, que dispõe sobre a aprovação dos *Critérios para a destinação de animais mortos em rodovias* (CETESB, 2018).

Vale acrescentar que durante a elaboração de tal normativa houve algumas reuniões com membros do setor rodoviário, com o objetivo de discutir com os operadores rodoviários a viabilidade de execução das ações propostas, de modo a compor uma diretriz de comum acordo.

Em conformidade com os critérios estabelecidos, os administradores rodoviários devem enviar à CETESB, semestralmente, uma planilha contendo as ocorrências de atropelamentos de fauna na faixa de domínio, assim como as destinações dadas tanto aos animais vivos como às carcaças removidas.

Ressalta-se que a referida norma abrange somente as rodovias estaduais de São Paulo, totalizando 22 mil quilômetros de rodovias, sendo 11,2 mil quilômetros concedidos à iniciativa privada. A Figura 1 ilustra a abrangência dos registros de ocorrências de fauna entregues até o momento e que serão preliminarmente analisados a seguir.

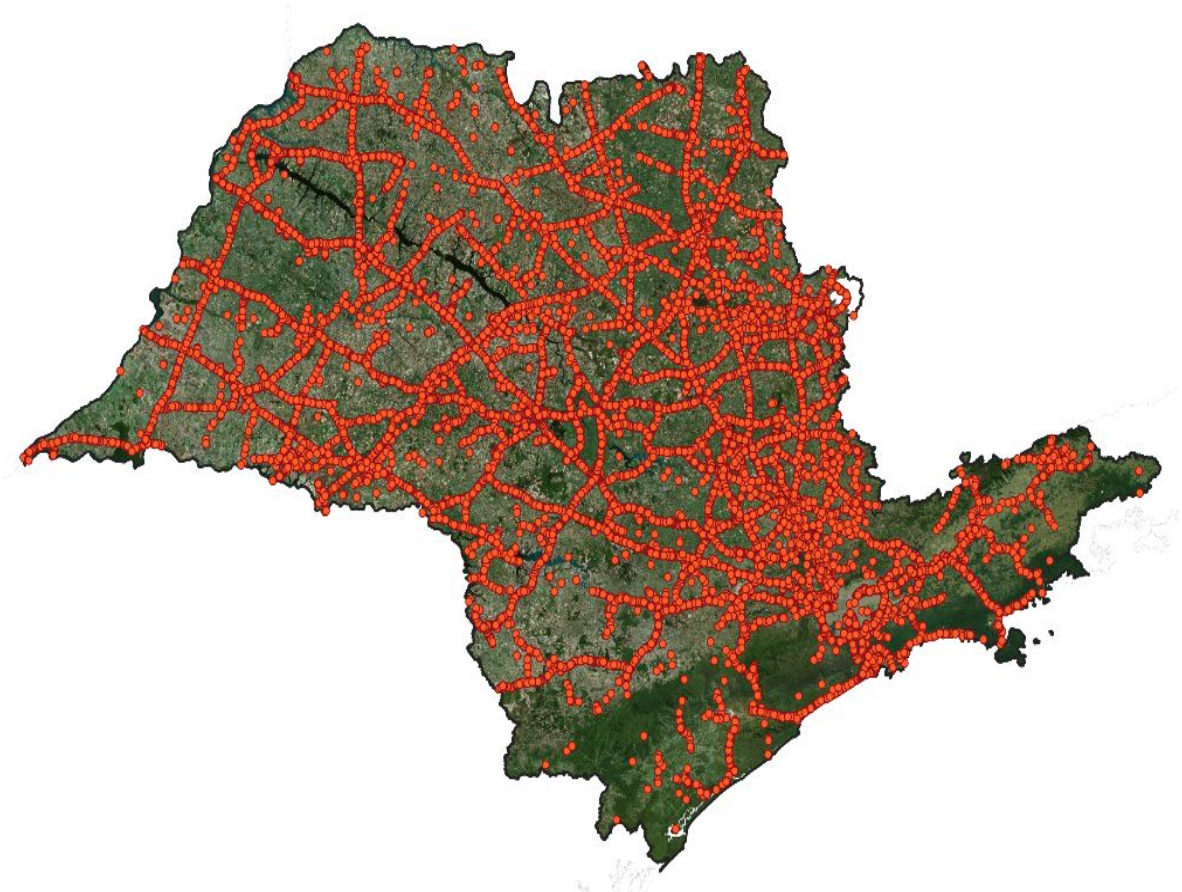


Figura 1 – Registros de ocorrências de fauna obtidos pela *Decisão de Diretoria 141/2018* no estado de São Paulo, representados pelos pontos em vermelho.

ANÁLISE PRELIMINAR E CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS APRESENTADOS (2019 a 2021)

Os dados apresentados compreendem o período entre janeiro de 2019 a dezembro de 2021. A Tabela 1 apresenta a quantidade, por tipo e total, das ocorrências registradas nesse período. Nota-se que o volume de ocorrências é bem expressivo, totalizando mais de 180 mil registros, e indicando a importância ambiental do tema.

Tabela 1 – Quantidade de ocorrências por tipo.

Tipo de Ocorrência	Quantidade
Atropelamento	89.813
Afugentamento	64.982
Sem informação	28.341
Total Geral	183.136

Do total de ocorrências, 49% são registros de atropelamento, 36% de afugentamento e 15% não continham a informação quanto ao tipo**.** É importante frisar que as ocorrências nomeadas como "atropelamento" se referem aos animais que são encontrados mortos ou feridos na faixa de domínio. Já a categoria "afugentamento" diz respeito aos animais vivos e não feridos que são capturas e removidos da faixa de domínio, foram afugentados para fora da pista ou foram apenas avistados, não sendo possível ou necessária a sua captura ou afugentamento. As ocorrências "sem informações" correspondem aos registros que não permitiram identificar se tratava de ocorrências de atropelamento ou afugentamento.

Entende-se que o elevado percentual de registros de atropelamentos em relação ao total se deve ao fato de a *Decisão de Diretoria 141/2018* solicitar apenas esse tipo de registro, pois o seu enfoque é a destinação de animais mortos (CETESB, 2018). No entanto, parte dos operadores rodoviários reportam os registros de afugentamento de animais, que configura um dado valioso para a análise de trechos em que há a incursão de animais na rodovia, independentemente se foi atropelado.

A Figura 2 apresenta a evolução da quantidade anual de ocorrências de atropelamentos no período. Observa-se que houve uma redução de aproximadamente 30% na quantidade de registros

de animais atropelados do ano 2019 para os anos de 2020 e 2021. É possível que tal redução tenha relação com as restrições de circulação impostas pela pandemia de Covid-19, pois de 2019 para 2020 houve uma diminuição de 16% no fluxo de veículos nas estradas concessionadas do estado de São Paulo, índice que no ano de 2021 se manteve 8% inferior ao de 2019 (ABCR, 2022).

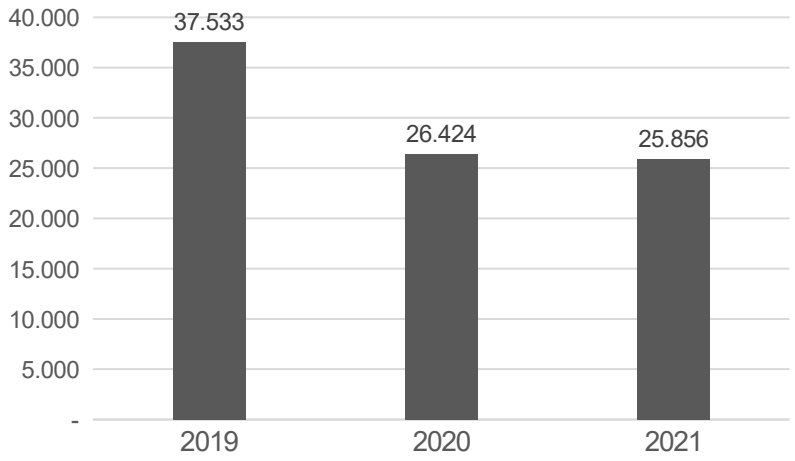


Figura 2 – Quantidade anual de registros de animais atropelados.

Desses animais que sofreram alguma intercorrência, a distribuição entre animais silvestres e domésticos foram semelhantes, sendo que 49% dos registros de atropelamento eram de fauna silvestre, 49% animais domésticos e 1% não havia identificação quanto ao tipo de animal.

Quanto ao grupo taxonômico, os mamíferos compõem a grande maioria dos registros de atropelamentos, seguido de aves, répteis e anfíbios, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Quantitativo dos grupos taxonômicos dos animais atropelados.

Grupo taxonômico	Quantidade de registros de atropelamentos	Percentual em relação ao total dos registros de atropelamentos
Mamíferos	81.325	90,55%
Aves	4.469	4,98%
Répteis	2.623	2,92%
Não identificado	1.370	1,53%
Anfíbios	26	0,03%

As Figuras 3 e 4 ilustram a quantidade das 10 espécies que tiveram maior registro de atropelamento, separados por silvestres e domésticos, respectivamente.

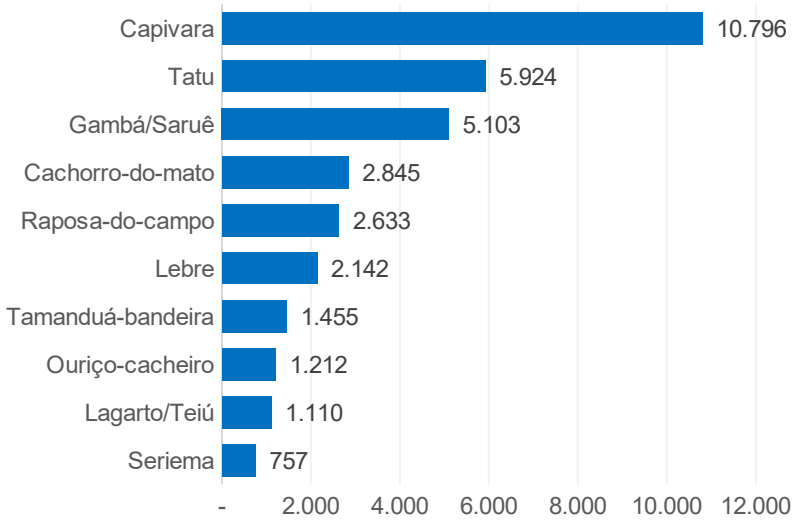


Figura 3 - Quantidade de ocorrências por espécies de animais silvestres (10 espécies com maior volume de registros).

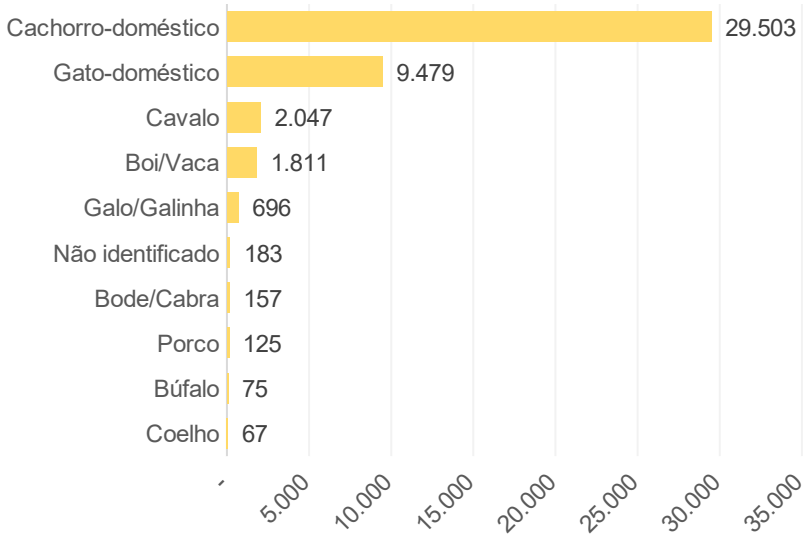


Figura 4 - Quantidade de ocorrências por espécies de animais domésticos (10 espécies com maior volume de registros).

Do montante de ocorrências, nota-se que os cachorros domésticos e as capivaras foram os animais com maior quantidade de registros de atropelamento no período, totalizando 45% do total.

Quanto aos animais de grande porte, o registro de atropelamento de aproximadamente 3.800 cavalos e bois é preocupante, uma vez que são animais que podem provocar acidentes sérios nas rodovias, acarretando prejuízos humanos e econômicos. Do mesmo modo, a ocorrência de atropelamento de 1.455 de tamanduás-bandeiras, em 3 anos de levantamento, também é crítico, pois trata-se de espécie ameaçada de extinção, indicando que as rodovias podem estar influenciando negativamente na manutenção de sua população no estado.

É preciso salientar que os valores apresentados não refletem a quantidade exata de animais que são efetivamente atropelados. Além de erros e omissões nos registros de atropelamento, algumas carcaças não são visualizadas, principalmente de espécies e indivíduos pequenos que podem ser removidos com facilidade por carniceiros, pelo elevado tráfego de veículos, lançados para fora da pista ou serem ocultados pela presença de cobertura vegetal e condição climática adversa. Nesse sentido, pode-se especular que o alto índice de registros de mamíferos, conforme mostrado na Tabela 2, deve-se ao fato de serem animais com visualização facilitada. Com efeito, as duas espécies de carcaças de animais silvestres mais encontradas são capivaras e tatu, espécies de animais de médio porte ou com elevada persistência, o que também facilita a possibilidade de visualização.

No que concerne à destinação de animais mortos, foi verificada a predominância de enterramentos na faixa de domínio da rodovia, representando 86,6% do total dos tipos de destinação dada às carcaças, conforme a Tabela 3.

Ao sobrepor tais enterramentos com as restrições impostas pela *Decisão de Diretoria 141/2018* foram encontrados registros em áreas urbanas e em locais distantes a menos de 100 m de Áreas de Preservação Permanente de cursos d'água. Acredita-se que essas não-conformidades decorrem do fato de o inspetor de tráfego, em sua rotina de trabalho, não ser capaz de identificar com facilidade se no local da ocorrência há restrição ou não para enterramento. Nesse sentido, é recomendado que tais restrições sejam mapeadas pelos operadores rodoviários, de modo que o serviço de inspeção de tráfego tenha ciência dos trechos de rodovia onde não é permitido o enterramento.

Por outro lado, apesar da pouca quantidade, houve registros de destinação de carcaças de animais para instituições de pesquisa e órgãos de secretarias de saúde. Conforme relatado por alguns concessionários, centros de controle de zoonoses e unidades de vigilâncias sanitárias tiveram interesse no recebimento de cães e gatos para investigar a presença de raiva, e em primatas, para avaliar se havia febre amarela.

Tabela 3 – Destinação das carcaças dos animais domésticos e silvestres atropelados.

Tipo de destinação	Quantidade de ocorrências	Percentual em relação ao total de ocorrências de atropelamento
Enterramento	77.808	86,64%
Outras*	6.413	7,14%
Tratamento térmico	2.476	2,76%
Aterro sanitário	1.658	1,85%
Clínica veterinária	772	0,86%
Instituição de pesquisa	170	0,19%
Soltura imediata	168	0,19%
Centros de Recuperação ou Triagem de Animais Silvestres (CRAS/CETAS)	167	0,19%
Secretaria estadual/municipal de saúde	92	0,10%
Devolvido ao proprietário	83	0,09%

* Trata-se de registros de destinações que não foi possível compreender a quais tipos se referem, tais como o preenchimento do referido campo na planilha do relatório com o texto "removido", "faixa de domínio" ou "enviados para o Serviço de Atendimento ao Usuário – SAU".

Por fim, como um problema a ser enfrentado, os dados no período de referência (2019-2021) apresentaram inconsistências que prejudicam o seu uso. Os relatórios apresentados continham erros de preenchimento dos registros, em especial no que concerne às coordenadas geográficas e à identificação taxonômica das espécies, impedindo, por exemplo, a realização de uma boa análise de agregação para identificação, por grupo-alvo, de locais para implantação de medidas mitigadoras do atropelamento de fauna.

Deve-se levar em conta que quem anota as ocorrências, em sua maioria, são os inspetores de tráficos, que tem como função verificar qualquer problema na rodovia, sendo o atropelamento de animais apenas um desses problemas. Outro ponto a ser levantado é que, apesar de alguns operadores rodoviários investirem em cursos de capacitação, esses funcionários não são especialistas em fauna, o que pode acarretar muitos erros de identificação de espécies.

Nesse sentido, a CETESB está sempre em contato direto com os operadores rodoviários mostrando a importância de uma coleta de dados confiável. Como resultado, a qualidade dos dados estão melhorando a cada entrega de relatório.

Apesar dos problemas levantados, a *Decisão de Diretoria 141/2018* tem sido um instrumento de suma importância para o tema do atropelamento de fauna, uma vez que permite evidenciar o tamanho do problema para a conservação da biodiversidade e da segurança dos usuários.

Após a publicação dessa norma, algumas ações começaram a ser desenvolvidas por alguns operadores rodoviários, como o mapeamento de trechos de alto índice de atropelamento e respectiva proposição de medidas mitigadoras; o mapeamento de áreas de restrição de enterramento; a estruturação e manutenção de Centros de Recuperação ou Triagem de Animais Silvestres (CRAS/CETAS); a capacitação para identificação e manejo de fauna silvestre em rodovias; elaboração de manual para identificação de espécies; e a realização de campanhas de conscientização junto a população lindeira sobre a importância e guarda responsável de animais domésticos (panfletagem).

Assim, há de se considerar que esta norma é o primeiro passo para enfrentar o problema das mortes dos animais nas estradas. Esse problema está contido em uma esfera maior que deve ser tratado no âmbito de um Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna, definido com levantamentos padronizados, que contemplem o maior número de grupos e portes possíveis para que possam subsidiar a definição de medidas mitigadoras eficientes a serem implantadas nas rodovias para diminuir a quantidade de atropelamento de animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS – ABCR. **Tabela Histórica do Índice**. Disponível em: https://abcr.org.br/indice/indice-abcr-do-mes. Acessado em junho de 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Decisão de Diretoria 141/2018/I, de 14 de agosto de 2018**. Dispõe sobre a aprovação dos "Critérios para a destinação de animais mortos em rodovias". Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/decisoes-de-diretoria/dd-141-2018-i-destinacao-de-animais-mortos-em-rodovias-4/. Acessado em: junho de 2022.

PROGRAMA DE PROTEÇÃO À FAUNA: ESTRATÉGIA PARA MITIGAÇÃO DO IMPACTO DE RODOVIAS

Thaís Pagotto

ECONATUR Consultoria Ambiental

APRESENTAÇÃO

As rodovias são responsáveis por conectar áreas urbanas e rurais e pelo transporte de materiais, tendo uma relação direta com parâmetros políticos, sociais, culturais e econômicos das regiões (COFFIN, 2007). Porém, ao mesmo tempo em que são importantes para o desenvolvimento das diferentes regiões do país, são as maiores condutoras do desmatamento (NEPSTAD *et al.*, 2001), existindo uma alta correlação entre a densidade de rodovias e o índice de perda de habitat de uma região (SOLER; VERBURG, 2010). Ainda, elas normalmente estão inseridas em áreas agrícolas e em paisagens naturais, ambientes que compõem o habitat de muitos animais silvestres (HUIJSER *et al.*, 2013).

Dessa forma, principalmente em áreas naturais, esse modal de transporte provoca grandes impactos no ambiente onde está inserido (VAN DER REE *et al.*, 2015). Para a fauna, os maiores impactos são os atropelamentos, que também afetam negativamente a segurança dos usuários, e o efeito barreira (animais apresentam o comportamento de evitar as rodovias), que provoca o isolamento de populações (REIJNEN *et al.* 1996), contribuindo para sua extinção.

Os atropelamentos podem colocar a segurança dos usuários em risco, muitas vezes ocasionando até acidentes fatais. No ano de 2016 cerca de 1,2 mil atropelamentos de animais silvestres e domésticos foram registrados nos 6,9 mil quilômetros (km) de rodovias paulistas

privatizadas, conforme dados da Agência de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP) divulgados para Revista FAPESP[30].

Considerando toda a malha viária estadual, composta por 35 mil km de vias asfaltadas, 4% dos acidentes são causados por colisões com bichos, algumas delas fatais para os ocupantes dos veículos.

Após ter se consagrado vencedora do certame licitatório conduzido pela ARTESP, foi transferido à Concessionária Auto Raposo Tavares (CART) em 16 de março de 2009 o Sistema Rodoviário do Corredor Raposo Tavares, formado pela Rodovia Orlando Quagliato (SP-327), Rodovia Raposo Tavares (SP-270) e Rodovia Engenheiro João Baptista Cabral Rennó (SP-225).

Em cumprimento às obrigações contratuais, as concessionárias fiscalizadas pela ARTESP, devem realizar o registro de atropelamento de animais domésticos e silvestres no trecho administrado, e encaminhar animais feridos a locais habilitados para tratamento. As Concessionárias devem também promover a remoção imediata de animais mortos encontrados na faixa de domínio, a destinação adequada do corpo, e ainda implantar medidas de proteção em locais considerados críticos.

Esse capítulo busca apresentar de maneira resumida como a estruturação de ações adotadas pela concessionária, impulsionadas pelo Ministério Público Estadual e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), podem ser incorporadas em um programa que apresentou resultados surpreendentes.

O Programa de Proteção à Fauna conta com diversas ações que buscam não só reduzir o número de ocorrências envolvendo animais, mas também mitigar o efeito barreira ocasionado pela rodovia, evitando o isolamento de populações.

OBJETIVOS

O objetivo do Programa é proporcionar segurança aos usuários da rodovia, promovendo o caminhamento de espécies da fauna de modo sustentável pelo corredor, propiciando o fluxo gênico por meio de ações inovadoras, proporcionando travessias seguras para animais e usuários da rodovia.

[30] Disponível em https://revistapesquisa.fapesp.br/2017/10/25/animais-na-pista/. Acesso em 8/08/2023.

METODOLOGIA DO PROGRAMA

O Programa de Proteção à Fauna trata-se de uma ferramenta composta por seis chaves temáticas que reúnem ações imprescindíveis para alcançar os objetivos de mitigação de atropelamento de animais no trecho concessionado e manutenção da conectividade entre as subpopulações da fauna:

- **Qualidade da informação:** consiste em realizar os registros de ocorrências de animais (tanto na rodovia quanto nas passagens de fauna) com a melhor assertividade possível. Para isso, a concessionária utilizava como ferramentas: cartilha de identificação de espécies elaborada especificamente para a região; treinamento dos operadores viários que realizavam o registro; conferência mensal das ocorrências por equipe interna da concessionária e revisão periódica dos registros, com validação do registro fotográfico por equipe especializada.
- **Segurança em Travessias:** após a realização de uma densa análise do banco de dados de espécimes da fauna encontradas vivas ou atropeladas na faixa de domínio, observando os principais locais com colisão de animais silvestres cria-se um Mapa de Pontos Críticos (*hotspots*) de atropelamentos de animais, que consorciado a análise de paisagem possibilita a identificação de melhores locais para implantação de Passagens de Fauna. Recomenda-se que durante o período de obras de ampliação sejam realizadas as implantações de travessias subterrâneas de animais, e posteriormente alambrados de condução para a fauna.
- Na cronologia do Programa, uma vez implantadas as travessias, inicia-se o monitoramento das passagens por meio de registros de pegadas e de câmeras de vídeo específicas para esta

finalidade, ligadas 24 horas por dia. As gravações permitem diversas análises sobre o comportamento faunístico, identificando grupos e espécies de animais, seu comportamento e a eficiência das passagens monitoradas **(Avaliação de Eficácia)**. O monitoramento é etapa imprescindível do Programa, pois além de avaliar a eficiência das passagens, possibilita vasto conhecimento sobre a fauna da região e seu comportamento.

- **Uso de Tecnologias:** esse item é refletido na adoção de tecnologia nos registros de ocorrências e análises.
- **Implantação de Estruturas de Apoio:** a concessionária promoveu duas grandes ações com relação a implantação de estruturas de apoio. Uma delas foi o auxílio a implantação de um CETAS (Centro de Triagem de Animais Silvestres) no município de Presidente Prudente, e outra a implantação da Primeira Câmara Fria para conservação de material biológico da fauna selvagem, tratado no item 5. Resultados, assim como o tema **Subsídio à Pesquisa.**

Na imagem a seguir pode ser observada a distribuição representativa das ações vinculadas as chaves do Programa.

RESULTADOS

Dentre os mais importantes resultados do Programa está a quantidade de travessias seguras proporcionadas pelas medidas implantadas. No ano de 2018, foram registradas 1.796 ocorrências de animais silvestres ao longo da faixa de domínio das rodovias administradas pela CART (animais mortos, feridos, afugentados, ou avistados por usuários). Entretanto, neste mesmo ano a Concessionária realizou monitoramento contínuo de 13% das passagens de fauna, onde foi possível observar 4.085 registros de animais silvestres, em segurança, fora da área de risco da rodovia.

No ano de 2019, entre os meses de janeiro e setembro foram registradas 859 ocorrências de animais silvestres na faixa de domínio, e realizando o monitoramento de 15% das travessias para fauna (incremento de 10 câmeras em relação ao ano anterior), foi possível observar 9.749 registros de animais silvestres, em segurança, fora da área de risco da rodovia. Dentre as passagens de fauna monitoradas foram selecionadas as de maior relevância para detalhamento a seguir:

Tabela 1 – Relação de ocorrências de animais silvestres em trechos da rodovia sob influência de passagens de fauna subterrânea, e a utilização da passagem por espécies silvestres. * Jan à Set de 2019, PIF = Passagem Inferior de Fauna.

PIF	Quilômetros de alambrado no entorno da passagem	Ocorrência de animais silvestres na rodovia	Registro de passagens de animais silvestres na PIF
1	3,25 m	1	166
2	2,00 m	24	221
3	1,70 m	17	1.046
4A 4 B	1,10 m	18	1.259
5	0,80 m	6	417
6	0,60 m	3	1.078
7	1,60	3	522
TOTAL		72	4.709

Torna-se ainda mais relevante a situação descrita quando são analisadas as espécies ocorrentes nas travessias, em relação as espécies que continuam na rodovia:

Tabela 2 – Relação de espécies de animais silvestres que ocorreram na rodovia, e espécies de animais silvestres observados na passagem de fauna, por trecho. PIF = Passagem Inferior de Fauna, *ni* = não identificado.

PIF	Quilômetros de alambrado no entorno da passagem	Espécies de animais silvestres que ocorreram na rodovia (jan-set/2019)	Espécies de animais silvestres observados na passagem de fauna (jan-set/2019)
1	3,25 m	Tamanduá-Mirim	Anta, Capivara, Curicaca, Lontra, Morcego *ni.*
2	2,00 m	Capivara, Lebre, Ouriço, Quati, Raposa	Cachorro-do-mato, Capivara, Frango d'água comum, Gato-do-mato Guaxinim, Lebre, Ouriço-cacheiro, Paca, Quati, Tamanduá-mirim, Tatu-galinha, Teiú.
3	1,70 m	Capivara Tamanduá-mirim Tatu	Cachorro-do-mato, Capivara, Furão, Gato mourisco, Lebre, Morcego *ni*, Quati, Ratão do banhado, Tatu-de-rabo-mole, Tatu-galinha, Tatu-peba, Urubu-de-cabeça-preta.
4A 4 B	1,10 m	Capivara	Cachorro-do-mato, Capivara, Coró-coró, Frango d'água comum, Garça-azul-grande, Guaxinim, Morcego *ni*, Saracura do mato, Tamanduá-bandeira, Tatu-galinha.
5	0,80 m	Capivara, Lebre, Raposa, Tatu	Capivara, Garça-azul-grande, Guaxinim, Morcego *ni*, Onça-parda, Roedor *ni*, Tatu peba.
6	0,60 m	Lebre, Tatu	Capivara, Guaxinin, Tamanduá-bandeira, Morcego.
7	1,60	Raposa Tamanduá-mirim	Ave, Capivara, Frango d'água comum, Gambá-de-orelha-branca, Gamba *ni*, Gato-mourisco, Guaxinim, Lebre, Morcego *ni*, Onça-parda, Perdiz, Preá, Roedor *ni*, Tamanduá-bandeira, Tatu-de-rabo-mole, Tatu-galinha, Tatu-peba, Teiú.

Outros resultados também foram obtidos com o Programa, como por exemplo, adotando tecnologias, com a implantação de estrutura para fauna em formato específico e inovador no Brasil, com formato lenticular.

HUIJSER *et al.* (2007) apresenta curvas de aprendizagem para cervos e ursos-negros em períodos que atingem cinco anos. Construída em outubro de 2018, e com alambrado de condução totalmente implantado em dezembro de 2018, a travessia em formato lenticular apresentou resultados surpreendentes logo nos primeiros meses de monitoramento. Analisando dados de janeiro

a setembro de 2019, no trecho correspondente a sete quilômetros sob influência do ponto de travessia, apenas um animal silvestre foi encontrado na rodovia, sendo uma serpente. Em contrapartida, 75 registros de animais silvestres na travessia ocorreram no mesmo período, de 11 diferentes espécies da fauna brasileira. Dentre elas, exemplares relevantes e até mesmo de espécies ameaçadas, como veado-catingueiro, tamanduá-bandeira e onça-parda.

O Subsídio à Pesquisa é um fator que trouxe resultados com a implantação da primeira Câmara Fria para conservação de material biológico da fauna selvagem brasileira, inaugurada em 23 de novembro de 2018. Até o momento do evento havia proporcionado recepção de 23 corpos de animais silvestres, que podem ser utilizados em pesquisas, sendo destes 21 encaminhados pela CART. Dentre esse material estão disponíveis representantes de 15 diferentes espécies de animais silvestres, sendo os principais cachorro-do-mato, lobo-guará, jaguatirica, raposa-do-campo, veado-catingueiro, tamanduá-bandeira, ouriço-cacheiro e suindara.

Primeira estrutura no Brasil para o uso a que se destina, a Câmara está à disposição de toda a comunidade científica para o estabelecimento de parcerias, bem como de demais interessados em promover a destinação adequada a corpos de animais.

O encaminhamento de corpos de animais, bem como animais feridos possibilitou a CART identificar indícios de caça na região Piratininga, por meio de duas ocorrências.

No dia 17 de março de 2019 uma onça-parda foi atropelada e veio a óbito na altura do km 253+750, da Rodovia João Batista Cabral Rennó (SP 225), e teve seu corpo encaminhado à Universidade Paulista (UNIP) de Bauru. No laudo da necrópsia constatou-se presença de projétil balístico alojado no canal medular do úmero direito (Figura 1), que estava fraturado. Ferimento recente, evidenciado pela existência de sangue no local e ausência de reorganização tecidual (fibrose ou hematoma organizado). Além disso, verificou-se a presença de aumento de volume ventral e algumas fraturas, compatível com atropelamento. Porém, a presença de gordura no subcutâneo evidencia que o animal estava caçando e alimentando-se bem. Isto não seria possível se as lesões por projétil balístico fossem antigas.

No momento da ocorrência não havia veículos no local, porém, no momento de recolhimento do corpo pelo operador viário, um usuário parou o veículo no lado oposto da rodovia e começou a fazer questionamentos sobre o ocorrido. Ele dizia ter atropelado a onça momentos antes, embora estivesse com um veículo de terceiros, alegando ter deixado o seu veículo na casa de um amigo. O usuário apresentava sinais de embriaguez e solicitava ressarcimento do dano.

A situação atípica do questionamento de usuário que não apresentou veículo danificado pelo atropelamento somado ao laudo de constatação da UNIP, indicou que o animal foi vítima de caça e estava “fugindo” para a rodovia, atividade considerada crime ambiental de acordo com o Art. 29, da Lei Federal N° 9.605 de 1998 (Lei de Crimes Ambientais).

Houve um caso semelhante, ocorrido no dia 26 de março de 2019, onde uma jaguatirica foi atropelada e encaminhada ferida ao Zoológico Municipal de Bauru. De acordo com o relatório clínico, além dos ferimentos decorrentes do atropelamento, o médico veterinário identificou a presença de um projétil esférico de chumbo próximo à patela direita (este último possivelmente antigo, pois não havia nenhuma lesão dermatológica que indicasse ser recente), conforme Figura 2.

Figura 1 – Ferimento por projétil balístico.
Fonte: UNIP (2019)

Figura 2 – Projétil de chumbo.
Fonte: Zoológico Municipal de Bauru (2019)

Ambos os fatos foram encaminhados à Polícia Civil e Militar do Estado de São Paulo, por meio de Boletim de Ocorrência, para investigação e apuração do caso.

Essas duas ocorrências representam resultados importantíssimos para um Programa estruturado de proteção à fauna, considerando que independente das medidas de mitigação de atropelamento de animais que sejam adotadas nas rodovias, fatores externos podem continuar propiciando a morte de animais, sendo necessárias ações muito além das convencionais para contribuir com a conservação da fauna.

Tendo realizado nos anos de 2015 e 2016 a implantação de estruturas para travessia de animais (passagens inferiores e alambrados de condução) na Rodovia Raposo Tavares (SP-270), neste ano de 2019 está sendo realizada avaliação das medidas implantadas. Diversos trechos apresentaram redução do número de atropelamento de animais, em porcentagens que variam de 35% a 100% (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de atropelamentos nos trechos da Rodovia Raposo Tavares (SP-270), em 2019, antes e depois da implantação de estruturas para travessia de animais.

Trecho	Nº atropelamentos antes das medidas	Nº atropelamentos depois das medidas	% redução
A	7	3	57
B	14	0	100
C	26	9	65
D	60	39	35
E	28	14	50
F	19	10	47

Quando se analisa as ocorrências de animais registradas ao longo de todo o Corredor Raposo Tavares, a partir do ano de 2016, é nítida a redução observada ao longo dos anos:

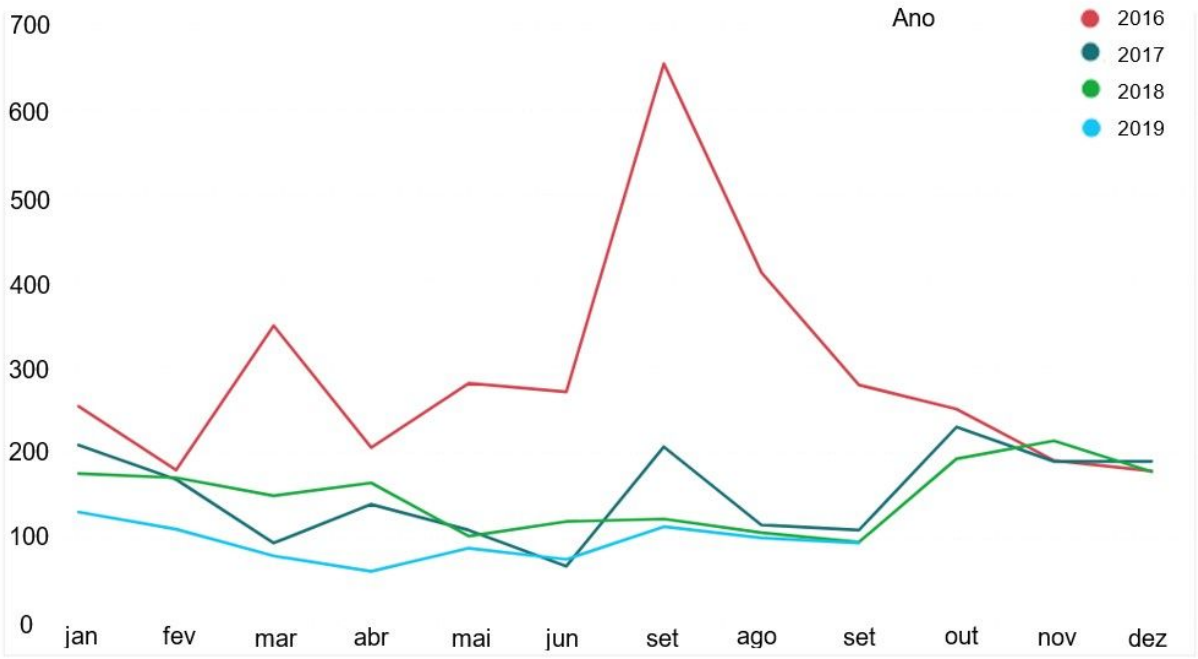


Figura 3 – Quantidade de animais registrados no Corredor Raposo Tavares nos anos de 2016 a 2019.

Em relação a quantidade de animais registrados no ano de 2018, nos meses de janeiro a setembro foram identificados 1.211 animais silvestres na faixa de domínio, enquanto no mesmo período do ano de 2019, ocorreram apenas 859, indicando redução de 29% no total de ocorrências com animais silvestres ao longo do Corredor Raposo Tavares, no período analisado. Associada a grande quantidade de animais utilizando as travessias inferiores, a redução de ocorrências de animais silvestres na rodovia enfatiza a necessidade de adoção de técnicas integradas para melhores resultados na gestão da fauna em rodovias.

CONCLUSÕES

O Programa de Proteção à Fauna desenvolvido pela Concessionária Auto Raposo Tavares tem se mostrado uma ferramenta importante de gestão ambiental, que proporciona ganhos à diversidade faunística com a manutenção de populações por meio do aumento da conectividade da paisagem.

Proporcionar a travessia segura de animais, evitando seu acesso à rodovia, corrobora com a premissa básica dos Programas de Concessão no que diz respeito à segurança viária.

A visão estratégica proporcionada por ações integradas e uso de tecnologias tem possibilitado resultados satisfatórios e assertivos na conservação de espécies e proteção aos usuários da rodovia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISSONETTE J.A.; KASSAR C.A.; COOK L.J. Assessment of costs associated with deer–vehicle collisions: human death and injury, vehicle damage, and deer loss. **Human–Wildlife Conflicts** 2(1):17–27, 2008. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/24875102

BRUINDERINK G.W.T.A.G.; HAZEBROEK, E. Ungulate traffic collisions in Europe. **Conservation Biology** 10: 1059-1067, 1996. DOI: https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10041059.x

COFFIN A.W. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography** 15: 396–406, 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006

CONOVER M.R.; PITT W.C.; KESSLER K.K.; DUBOW T.J.; SANBORN W.A. Review of human injuries, illnesses, and economic losses caused by wildlife in the United States. **Wildlife Society Bulletin** 23:407–414, 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267748856_Review_of_human_injuries_illnesses_and_economic_losses_caused_by_wildlife_in_the_United_States

FORMAN R.T.T.; ALEXANDER L. Roads and their major ecological effects. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 29: 207-231, 1998. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207

HAUPLIT, L. Monitoramento de fauna silvestre atropelada no entorno da Estação Ecológica de Carijó. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia)** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/159995

HUIJSER, M.P., ABRA, F.D., DUFFIELD, J.W. Mammal road mortality and cost–benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in São Paulo state, Brazil. **Oecologia Australis** 17, 129-146, 2013. DOI: 10.4257/oeco.2013.1701.11

HUIJSER, M.P.; MCGOWEN, P.T.; MFULLER, J.; HARDY, A.; KOCIOLEK, A.; CLEVENGER, A.P.; SMITH, D.; AMENTE, R., 2007. Wildlife vehicle collision reduction study. **Report to U.S. Congress**. U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington DC. Disponível em: https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/08034/exec.cfm

NEPSTAD D.C.; CARVALHO G.; BARROS A.C.; ALENCAR A.; CAPOBIANCO J.P.; BISHOP J.; MOUTINHO P.; LEFEBVRE P.; SILVA JR U.L. Prins E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest Ecology and Management** 154: 395-407, 2001. DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00511-4

NOSS R.F.; QUIGLEY H.B.; HORNOCKER M.G.; MERRILL T.; PAQUET P. Conservation biology and carnivore conservation in the Rocky Mountains. **Conservation Biology** 10: 949–963, 1996. DOI: 10.1046/j.1523-1739.1996.10040949.x

REIJNEN R.; FOPPEN R.; MEEUWSEN H. The effects of car traffic on the density of breeding birds in Dutch agriculture grasslands. **Biological Conservation** 75:255-260, 1996. DOI: 10.1016/0006-3207(95)00074-7

SOLER L.S.; VERBURG P.H. Combining remote sensing and household level data for regional scale analysis of land cover change in the Brazilian Amazon. **Regional Environmental Change** 10:371-386, 2010. DOI: https://doi.org/10.1007/s10113-009-0107-7

VAN DER REE, R.; SMITH, D.; GRILO, C. **Handbook of Road Ecology**. Oxford: John Wiley & Sons, 2015. DOI: 10.1002/9781118568170

ESTIMATIVAS E ANÁLISES ESPACIAIS DE FATALIDADES DE FAUNA EM RODOVIAS COM O PROGRAMA SIRIEMA

Larissa Oliveira Gonçalves[*,**], *Júlia Beduschi*[**,***], *Bibiana Terra Dasoler*[**], *Barbara Zucatti*[**] *e Fernanda Zimmermann Teixeira*[**]

[*]Laboratório de Ecologia, Manejo e Conservação de Fauna Silvestre (LEMaC), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)
[**]Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (NERF/UFRGS)
[***]Precisa Consultoria Ambiental

CONHECENDO O PROGRAMA SIRIEMA

Após começar a estudar atropelamento de animais silvestres em duas rodovias no Rio Grande do Sul (COELHO; KINDEL; COELHO, 2008), um grupo de pesquisadores na Universidade Federal do Rio Grande do Sul começou a explorar abordagens analíticas para identificar os padrões espaciais de atropelamentos visando gerar melhores evidências para a indicação de medidas mitigadoras desse impacto. Percebendo a ausência de ferramentas analíticas de fácil acesso ao grande público, surgiu a intenção de disponibilizar um programa livre, de interface amigável, em português e com análises estatísticas robustas que não exigissem dos usuários um conhecimento aprofundado de estatística. Com isso surgiu o programa Siriema, desenvolvido pelo Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF/UFRGS) em 2011 e que hoje está em sua segunda versão (COELHO *et al.*, 2014). O download do programa pode ser feito pela página: http://nerf-ufrgs.herokuapp.com/siriema.

Atualmente, o programa Siriema disponibiliza análises para responder às duas perguntas discutidas neste capítulo: quantos animais morrem em uma rodovia e onde estão localizados os

hotspots de fatalidades ao longo da via. Para responder quantos animais morrem, o Siriema aplica uma equação para corrigir as estimativas de magnitude considerando a eficiência do observador e a remoção das carcaças (TEIXEIRA *et al.*, 2013; ver seção 2.1. Considerando os erros amostrais na estimativa de fatalidades). Já em relação às análises espaciais (COELHO *et al.*, 2012), o Siriema disponibiliza uma análise estatística para primeiro testar se os eventos de atropelamento são agregados ao longo da via (análise K de Ripley; ver seção Testando se os atropelamentos são agregados ao longo da via) para posteriormente aplicar uma análise para identificar onde estão localizadas as agregações de atropelamentos (2D Hotspot Identification; ver seção 3.2. Identificando a localização das agregações de atropelamentos). O manual do programa apresenta o detalhamento de todas as análises disponíveis, assim como as instruções sobre como organizar e entrar com os dados e sobre como extrair e interpretar os resultados de cada análise (COELHO *et al.*, 2014). Portanto, neste capítulo não detalharemos as análises em si, mas sim exploraremos alguns estudos de caso aplicando as análises do Siriema com o objetivo de discutir alguns cenários possíveis e como os resultados podem ser interpretados para dar suporte à tomada de decisão.

Vale lembrar que o Siriema não é um programa gráfico e recomendamos que você faça os gráficos para visualização em outro programa. Os gráficos apresentados nesse capítulo foram criados utilizando o *Siriema plots* (DORNAS, 2018), uma ferramenta online gratuita desenvolvida por Rubem Dornas para geração dos gráficos em melhor qualidade.

POR QUE SABER QUANTOS ANIMAIS MORREM?

Saber quantos animais morrem em uma rodovia é um passo bastante importante para avaliar a necessidade de mitigação do impacto de atropelamento. Podemos elencar pelo menos três razões pelas quais essa necessidade se justifica:

1) **A conservação da biodiversidade:** estima-se que morram mais de 2 milhões de aves e 8 milhões de mamíferos por ano nas estradas brasileiras (GONZÁLEZ-SUÁREZ; ZANCHETTA FERREIRA; GRILO, 2018). Apenas no estado de São Paulo, em média, estima-se que mais de 39 mil mamíferos de médio e grande porte sejam atropelados por ano (ABRA *et al.*, 2021); e para um trecho de rodovia que margeia uma Unidade de Conservação no estado do Rio Grande do Sul, estima-se que morram 9.420 anfíbios anuros por quilômetro por ano (COELHO *et al.*, 2012).

2) **Agravos à saúde humana:** uma parte dos acidentes com animais acarretam riscos à saúde humana ou até mesmo a morte de pessoas. Cerca de 18,5% de acidentes envolvendo animais reportados no estado de São Paulo resultaram em ferimentos ou mortes de pessoas (ABRA *et al.*, 2019).
3) **Prejuízos econômicos:** o custo médio de um acidente envolvendo animais no estado de São Paulo foi estimado em R$ 21.656 (BRL) (ABRA *et al.*, 2019) e, no estado do Mato Grosso do Sul, a média de custo com danos materiais envolvendo animais maiores que 1 kg foi de $885 (USD) por acidente (ASCENSÃO *et al.*, 2021).

Para melhor compreendermos o impacto de mudanças em uma estrada e inferirmos a magnitude dos problemas é fundamental sabermos quantos animais morrem em uma dada via. Mudanças em uma infraestrutura estão relacionadas, por exemplo, à pavimentação, à duplicação ou, ainda, à instalação de medidas de mitigação. Uma meta-análise avaliando a efetividade de medidas de mitigação para a redução dos atropelamentos concluiu que cercas (com ou sem estruturas de cruzamentos associadas) reduziram em até 54% os atropelamentos e que estruturas de cruzamento isoladas não são efetivas em reduzir os atropelamentos, a menos que tenham cercas associadas (RYTWINSKI *et al.*, 2016). Esse é apenas um exemplo que demonstra a importância de saber quantos animais morrem para avaliarmos o efeito de mudanças numa via.

Sabemos que apenas contabilizar carcaças encontradas em uma via pode fornecer uma informação enviesada do problema, já que ao fazer isso não estamos considerando os erros amostrais associados a qualquer amostragem (BARRIENTOS *et al.*, 2018; DASOLER *et al.*, 2020; SANTOS; CARVALHO; MIRA, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2013). Independentemente do método escolhido para a amostragem, existem três principais erros recorrentes que são inerentes aos levantamentos de animais atropelados:

1) A área de amostragem que normalmente é considerada (pista + acostamento) não é a área total onde uma carcaça pode ser encontrada;
2) Nossa capacidade de observação não é perfeita e não somos capazes de detectar todas as carcaças que estão disponíveis (mesmo quando monitoramos a pé); e
3) As carcaças são removidas da via antes mesmo de conseguirmos registrá-las.

O primeiro erro acontece porque alguns animais, especialmente de grande porte, são feridos na colisão e conseguem se afastar da pista, mas acabam morrendo fora da rodovia. Outros animais, especialmente aves e morcegos, podem ser arremessados para fora da pista na colisão. Este é o erro que ainda é raramente considerado nos estudos com fauna atropelada, mas já temos abordagens disponíveis para considerá-lo nas estimativas de quantos animais morrem (DALTHORP *et al.*, 2018). O único estudo que conhecemos que avaliou este erro, com raposas no Reino Unido, estimou que 24% dos indivíduos morreram fora da área de amostragem (BAKER *et al.*, 2004).

Neste capítulo, vamos nos concentrar nos dois últimos erros (a eficiência de observação[31] e a remoção das carcaças), que são os mais frequentes de serem contabilizados e que podem ser explorados com o programa Siriema (COELHO *et al.*, 2014). A eficiência de observação é calculada a partir da proporção de carcaças que foram detectadas durante a amostragem em relação ao número total de carcaças que estavam disponíveis no momento da amostragem (ver maiores detalhes na página 27 do manual do Siriema). Esse erro pode variar com fatores relacionados aos observadores (como a capacidade e/ou motivação, a velocidade com que percorrem a via, entre outros) ou às carcaças (como o tamanho e contraste em relação à cor da superfície da via) (BARRIENTOS *et al.*, 2018). Independente do fator, recomenda-se que a eficiência do observador seja estimada sempre que variarem as condições relacionadas a ela. Já a remoção das carcaças varia, principalmente, em função do fluxo de veículos, das condições do tempo e da presença de carniceiros nas áreas adjacentes à via (BARRIENTOS *et al.*, 2018; HUBBARD; CHALFOUN, 2012; PONCE *et al.*, 2010; SANTOS; CARVALHO; MIRA, 2011). Ainda, características relacionadas às carcaças como o tamanho e a durabilidade dos tecidos afetam a probabilidade de cada carcaça ser removida (BARRIENTOS *et al.*, 2018; SANTOS; ASCENSÃO, 2019; TEIXEIRA *et al.*, 2013). A remoção das carcaças também deve ser estimada sempre que variarem as condições relacionadas a ela.

Portanto, para tornar as estimativas de quantos animais morrem mais acuradas e tomar decisões mais adequadas é imprescindível considerar esses erros amostrais. Um exemplo de inferência equivocada que a não inclusão desses erros pode acarretar foi demonstrado em um estudo que comparou diferentes estradas objetivando a priorização para o planejamento da mitigação naquelas em que mais animais morreram no período amostrado: a decisão de priorização foi alterada quando as estimativas consideraram os erros amostrais e não apenas as contagens

[31] O que chamamos neste capítulo de eficiência do observador é o mesmo que o Manual do Siriema chama de detecção.

observadas (FRANCESCHI *et al.*, 2021). Isso porque a eficiência de observação e a remoção das carcaças também variam no espaço e no tempo e é fundamental que essa heterogeneidade seja considerada. Considerar a eficiência do observador e a remoção das carcaças é de suma importância para poder comparar as fatalidades[32] em diferentes locais ou em diferentes momentos. Alguns exemplos de métodos para medir esses erros e de como incorporá-los nas estimativas de quantos animais morrem podem ser encontrados nas páginas 27 e 28 do manual do Siriema (COELHO *et al.*, 2014[33]) ou nos seguintes trabalhos: ASCENSÃO *et al.* (2021); COELHO *et al.* (2012); DASOLER *et al.* (2020); DORNAS *et al.* (2019); GONÇALVES *et al.* (2018); GUINARD; JULLIARD; BARBRAUD (2012); GUINARD; PRODON; BARBRAUD (2015); MENGER (2020); SANTOS *et al.* (2016); TEIXEIRA *et al.* (2013).

Considerando os erros amostrais na estimativa de fatalidades

Vamos exemplificar como considerar os erros amostrais nas estimativas de fatalidades e a importância de seu reconhecimento utilizando como exemplo dados reais. Os dados são do monitoramento de fatalidades de serpentes que aconteceu em 277 km no extremo sul da BR-101 (RS) em campanhas mensais durante 33 meses (GONÇALVES *et al.*, 2018). Para avaliar a eficiência dos observadores e a remoção das carcaças foi realizado um experimento em um segmento de 30 km da mesma rodovia, a partir da disposição de 51 carcaças de serpentes previamente coletadas. Para avaliar a eficiência dos observadores em detectar as carcaças, inicialmente uma equipe distribuiu as carcaças ao longo desse trecho de 30 km de extensão e posteriormente seis equipes diferentes realizaram o monitoramento sem conhecimento prévio sobre a quantidade ou localização das carcaças dispostas pela primeira equipe. Ao final dos monitoramentos a equipe que distribuiu as carcaças conferiu quantas ainda estavam disponíveis no trecho. Foi constatado que nove haviam sido removidas nesse mesmo dia, resultando num total de 42 carcaças consideradas para avaliar a eficiência dos observadores (pois não sabemos se essas nove que desapareceram estavam disponíveis para as seis equipes ou não, então foi necessário desconsiderá-las do experimento). Para avaliar o tempo de remoção das carcaças, a equipe que

[32] Neste capítulo, optamos por utilizar a palavra fatalidade em vez de mortalidade como se refere o Manual do Siriema, pois acreditamos ser o termo mais adequado para se referir às carcaças encontradas na via, já que mortalidade é um parâmetro populacional e que pode estar relacionado a outros fatores. As análises aqui exploradas não avaliam efeitos populacionais.

[33] Siriema: road mortality software. User's Manual V. 2.0. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/319069206_Siriema_road_mortality_software_User's_Manual_V_20. Acesso em 11/08/2023

distribuiu as carcaças acompanhou a persistência das carcaças remanescentes na rodovia por mais cinco dias consecutivos, fazendo o registro de quantas carcaças desapareciam a cada dia.

A partir dos dados do experimento foi possível calcular os erros amostrais a serem considerados na estimativa de fatalidade. Os valores da eficiência do observador, nesse caso, podem ser obtidos dividindo o número de carcaças encontradas pelo número de carcaças disponíveis durante o experimento. Já a remoção, representada pelo tempo característico de remoção (TR), é calculada no programa Siriema (ver página 28 do manual) utilizando o número de carcaças dispostas no experimento que persistiram na rodovia em cada dia de acompanhamento. O tempo característico de remoção representa o tempo (em geral, número de dias – se esse for o tempo dos dados de entrada) para que 66,6% das carcaças sejam removidas da estrada, e essa é uma variável utilizada para descrever a curva de desaparecimento das carcaças (TEIXEIRA *et al.*, 2013). As taxas de fatalidade corrigidas podem então ser estimadas em dois formatos no programa Siriema: atropelamento por dia (atropelamento/dia) e atropelamento por dia por quilômetro (atropelamento/dia/km) (ver página 25 do manual).

No nosso exemplo, o número total de carcaças observadas nos 277 km monitorados da rodovia foi de 957 carcaças de serpentes. Esse valor corresponde ao total observado durante todo o período amostral, realizado uma vez por mês durante 33 meses, totalizando 990 dias. Durante o experimento de eficiência do observador, as seis equipes encontraram em média 11 das 42 carcaças de serpentes disponíveis, resultando em uma eficiência média de 26%. Durante os cinco dias consecutivos de acompanhamento das carcaças para o experimento de remoção foram encontradas 31 no primeiro dia, 27 no segundo, 21 no terceiro, 19 no quarto e 19 no quinto dia, resultando em um tempo característico de remoção das carcaças de 4,12 dias (considerando uma curva de ajuste linear e o número inicial de 51 carcaças dispostas no dia zero). As estimativas corrigidas, considerando os erros amostrais, foram de 27,01 atropelamentos/dia e 0,097 atropelamento/dia/km. Considerando o total de 990 dias, o número total estimado para o período foi de 26.739 atropelamentos de serpentes. Vemos que existe uma grande diferença nas grandezas entre o valor observado (957) e o valor estimado (26.739) no período. Essa diferença é resultado das carcaças que estavam lá e não foram detectadas pela equipe durante o monitoramento, mas também pelo fato de as carcaças de animais que morrem entre as amostragens serem removidas em um tempo menor do que o intervalo de amostragem. Logo, fica claro que ao não considerar os erros amostrais, os quais são inerentes a qualquer amostragem biológica, o resultado influencia as inferências de um monitoramento, indicando um número enviesado da quantidade de animais mortos quando

consideramos apenas valores observados. Utilizar somente os valores observados inviabiliza qualquer comparação entre rodovias, momentos do ano ou antes e depois de qualquer intervenção.

Comparando as taxas de fatalidade em diferentes frequências amostrais

Hipoteticamente, se realizássemos o monitoramento com outras frequências amostrais, como por exemplo, bimestral, trimestral e quadrimestral, poderíamos perceber que o resultado das estimativas varia pouco, quando utilizamos as taxas corrigidas (Tabela 1). Isso porque levamos em conta os dois erros amostrais importantes: a eficiência do observador e o tempo de remoção das carcaças. Nesse caso, o tempo de remoção das carcaças é ainda mais importante, pois à medida que aumentamos o intervalo de amostragem, tendemos a perder mais carcaças, principalmente em casos em que o tempo de remoção é baixo, ou seja, em que as carcaças são removidas da rodovia em um curto espaço de tempo. Como podemos ver na Tabela 1, a taxa estimada varia levemente de 27,01 atropelamentos/dia em frequências mensais a 30,96 atropelamentos/dia em frequências trimestrais. Já a taxa observada mais que triplica de 0,27 atropelamentos/dia em frequências quadrimestrais a 0,96 atropelamentos/dia em frequências mensais. Aqui não estamos defendendo qual frequência amostral é melhor ou qual deva ser utilizado, estamos exemplificando que as taxas de fatalidades precisam levar em conta os erros amostrais para que possam ser comparadas. As taxas observadas utilizadas neste exemplo levaram em conta todo o período amostral de 990 dias, ou seja, para casos em que a amostragem era repetida mensalmente, o dia amostrado referia-se aos 30 dias do mês correspondente; para casos em que a amostragem era repetida a cada dois meses, o dia amostrado referia-se as carcaças acumuladas em dois meses; e assim por diante.

Tabela 1 – Comparação entre as taxas de fatalidades (observada e estimada) em cada um dos conjuntos de frequência amostral testados neste exemplo.

Frequência amostral	Nº carcaças registradas	Taxa observada (fatalidades/dia)	Taxa estimada (fatalidades/dia)
Mensal	957	0,96	27,01
Bimestral	530	0,53	29,74
Trimestral	357	0,36	30,96
Quadrimestral	266	0,27	28,19

Comparando taxas de fatalidade entre diferentes rodovias

Para ilustrar a importância de se considerar os erros amostrais na comparação das taxas de atropelamento entre rodovias, vamos usar como referência os dados do trabalho de FRANCESCHI *et al.* (2021). Nesse trabalho, duas rodovias foram monitoradas mensalmente ao longo de um ano, para registrar fatalidades de mamíferos. O monitoramento foi realizado de carro a uma velocidade de aproximadamente 60 km/h, por três observadores. O intervalo médio entre os monitoramentos foi de 30 dias. A primeira rodovia foi um trecho da BR-101 entre Osório e Capivari do Sul (RS), totalizando 36 km, e a segunda foi um trecho da ERS-040 entre Capivari do Sul e Viamão (RS), totalizando 53 km.

Após o encerramento dos monitoramentos foi realizado um experimento para corrigir os dois erros amostrais que mencionamos acima: eficiência dos observadores e tempo de remoção das carcaças nas vias. Para estimar esses erros, foram distribuídas carcaças ao longo dos trechos das duas rodovias por uma equipe que não realizou os monitoramentos. Então, a equipe responsável pelos monitoramentos passou na rodovia sem saber a localização e a quantidade das carcaças dispostas, para assim testar a eficiência do monitoramento. Posteriormente, nos quatro dias seguintes, as carcaças distribuídas nas vias foram acompanhadas para avaliar o tempo de remoção.

Em um primeiro momento, apenas com as contagens das carcaças observadas, o trecho da BR-101 poderia ser considerado mais mortal com 107 carcaças observadas em comparação à ERS-040 com 62 carcaças. Entretanto, ao incluirmos os erros, a taxa de fatalidades do trecho da ERS-040 foi de 0,069 atropelamentos/dia/km, o que supera à BR-101 com 0,059 atropelamentos/dia/km. Os valores de eficiência do observador foram similares (BR-101: $p = 0,61$; ERS-040: $p = 0,68$), enquanto os tempos de remoção foram diferentes (BR-101: $TR = 6,89$; ERS-040: $TR = 2,05$). A menor diferença entre as rodovias em relação à taxa de fatalidade está relacionada ao tempo de remoção das carcaças, pois como na ERS-040 elas permanecem menos tempo na rodovia, os pesquisadores deixaram de encontrar mais carcaças nessa estrada do que na BR-101. Essa comparação entre as fatalidades só deve ser realizada quando consideramos os erros amostrais, pois sem a correção as carcaças observadas são apenas informações de um cenário em que não temos todo contexto e que não devem ser utilizadas para fins de comparação. O mesmo vale para comparações antes e depois de uma obra, como a pavimentação ou a duplicação, em que as condições da via mudam e esperamos que mudem também a eficiência do observador e a remoção de carcaças.

POR QUE SABER ONDE OS ANIMAIS MORREM?

Após sabermos quantos animais morrem na via, podemos tomar a decisão se é necessário realizar ações que reduzam o número de atropelamentos. Fazer a implantação de medidas de mitigação é a preocupação mais urgente dos consultores e gestores ambientais, porém para isso é necessário ter planejamento, discutindo quais são os objetivos da mitigação antes mesmo de começar a realizar as análises.

Há diversos tipos de medidas de mitigação disponíveis no mercado, com dois principais objetivos: bloquear o acesso dos animais à rodovia (as cercas) e medidas que possibilitam a conectividade entre os fragmentos remanescentes (passagens de fauna) (RYTWINSKI *et al.*, 2016). Para cada opção de estrutura há um grupo-alvo de animais que conseguirão se beneficiar delas. Por exemplo, uma cerca de malha de alambrado não vai bloquear a travessia de animais de pequeno porte, como anfíbios, serpentes e pequenos roedores. Da mesma forma, uma cerca sem furos do tipo "painel" com altura de 1,20 m, dificilmente bloqueará animais de grande e médio porte que possuam a habilidade de saltar e escalar, como veados e gatos-do-mato. As estruturas de passagens de fauna funcionam da mesma forma, você não deve instalar uma ponte de dossel no local onde morrem mais animais que se deslocam pelo chão. Por isso, antes de mais nada, precisamos definir nossos grupos-alvo mediante o leque de ações que temos disponíveis. Essa definição inicial auxiliará, não só no tipo de medida que deve ser instalada em cada local, mas na tomada de decisão quanto a definição dos parâmetros das análises espaciais necessárias para saber se existem e onde estão os *hotspots* (agregações) de cada grupo-alvo.

Portanto, a primeira pergunta que respondemos ao realizar as análises espaciais é em quais locais da rodovia há mais fatalidades do grupo-alvo em questão, com o objetivo de implantar ações que minimizem os atropelamentos e que garantam a conectividade. Também podemos utilizar a composição e configuração da paisagem e as características da estrada e tentar identificar variáveis que estejam relacionadas a um maior número de fatalidades. Esse conhecimento sobre as variáveis associadas a locais com maior ocorrência de atropelamentos pode ser útil tanto para manejar esses fatores (como por exemplo a partir de um estudo que encontrou mais atropelamentos de anuros em trechos de estrada com iluminação e com a presença de valas laterais (COELHO *et al.*, 2012), quanto para predizer onde haverá maior número de fatalidades em novas rodovias ou em rodovias para as quais não há dados de fatalidades disponíveis (RUSSO *et al.*, 2020; VISINTIN *et al.*, 2016).

Assim, mesmo no momento de planejamento de uma nova rodovia é possível indicar os locais para instalação de medidas de mitigação ou até mesmo modificar o traçado para que não passe em locais mais sensíveis ao impacto de atropelamento de fauna.

Então, investigar onde os animais estão morrendo é importante para:

1) Saber onde instalar as medidas de mitigação;
2) Descobrir as variáveis da paisagem ou da estrada associadas e poder manejar a causa dos atropelamentos;
3) Descobrir as variáveis associadas e poder prever locais de maior fatalidade para mitigar ou modificar traçado de novas rodovias.

Testando se os atropelamentos são agregados ao longo da via

A análise K de Ripley é o terror dos consultores e gestores ambientais que vão fazer as análises de *hotspots* (agregações) pela primeira vez porque a sua interpretação não é um raciocínio trivial. No entanto, essa análise também não é um bicho de sete cabeças e vamos te auxiliar a compreendê-la.

Para sabermos onde estão as agregações de atropelamentos numa via primeiro precisamos saber se essas agregações de atropelamento existem, ou seja, se a distribuição de atropelamentos obedece a algum padrão diferente do esperado ao acaso ou se os locais de registros acontecem de forma aleatória. Vamos pensar num exemplo utilizando o jogo de dados: cada lado do dado representa um quilômetro da via e cada jogada representa um registro de fatalidade. A primeira vez que jogamos o dado cai no lado 6, representando um registro no km 6. A segunda vez que jogamos o dado cai no km 4, a terceira vez no km 6 e assim jogamos o dado 1.000 vezes e temos o seguinte resultado: 100 registros no km 1, 500 registros no km 2, 200 registros no km 3, 50 registros no km 4, 45 registros no km 5 e 105 no km 6, conjunto de dados que vamos chamar de Campanha 1. A distribuição de frequências do nosso jogo de dados está esquematizada na Figura 1. Olhando esse gráfico (sem saber como esse conjunto de dados foi gerado) a conclusão mais óbvia é de que no km 2 há um maior número de atropelamentos, logo, esse seria um local de agregação (*hotspot*).

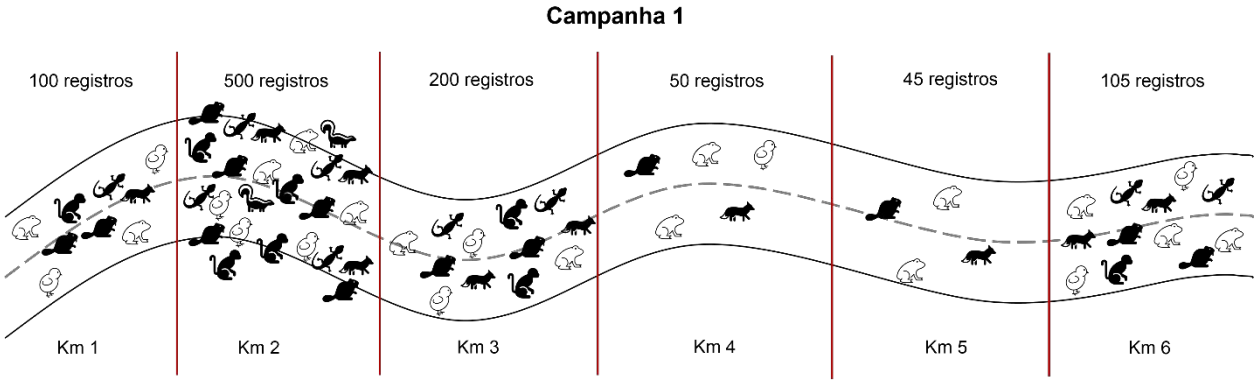


Figura 1 – Analisando a distribuição de registros de fatalidades em cada quilômetro da via na campanha 1 conforme o jogo de dados.

Porém, agora vamos jogar o dado mais 1.000 vezes e vamos chamar o resultado de Campanha 2 (Figura 2). Agora, o quilômetro que apresenta maior número de registros é o quilômetro 5 e não mais o km 2. Se fizermos uma terceira campanha de jogada de dados teremos uma nova distribuição de frequências que pode ser parecida com as campanhas anteriores ou apresentar uma distribuição completamente distinta. Isso se dá porque estamos lançando os dados aleatoriamente, não há de fato um motivo para que o km 2 ou o km 5 apresentem um maior número de registros.

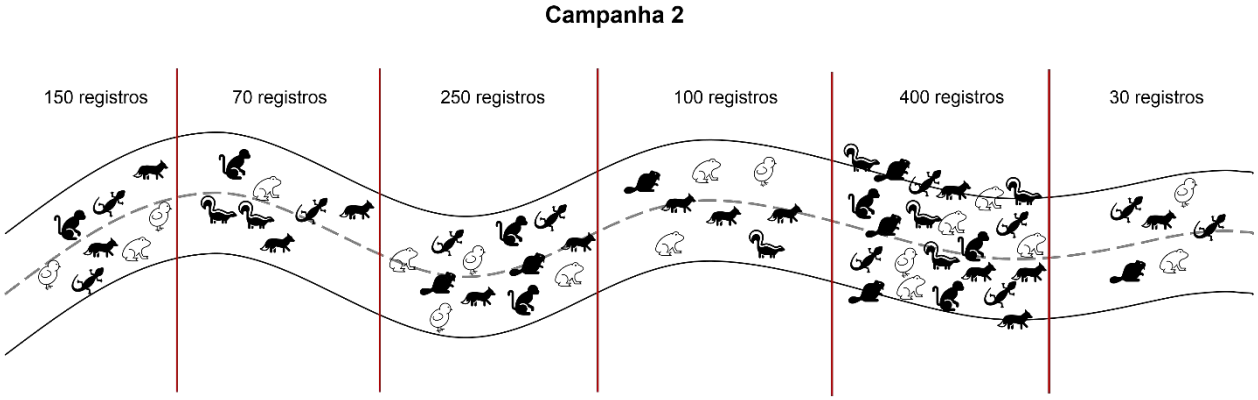


Figura 2 – Analisando a distribuição de registros de fatalidades em cada quilômetro da via na campanha 2 conforme o jogo de dados.

Portanto, ao realizar apenas uma análise visual da distribuição dos registros numa via não é possível estabelecer onde estão os *hotspots*, e isso pode levar à implantação de estruturas e ações

mitigadoras em locais inapropriados. Por isso, precisamos saber se nosso conjunto de dados representa uma distribuição aleatória, como no caso do jogo de dados, ou se há um padrão agregado diferente do esperado ao acaso naquele conjunto de dados. E como vamos saber isso? Através da análise estatística K de Ripley, a qual testa se os dados são aleatórios ou não em diversas escalas que são definidas pelo usuário através da comparação do padrão observado com o padrão obtido a partir de centenas de sorteios. Quando a análise K de Ripley identifica que as observações possuem um padrão agregado, isto é, um padrão diferente do que seria esperado ao acaso, podemos partir para o próximo passo que é saber onde na rodovia estão essas agregações (ver seção 3.2. Identificando a localização das agregações de atropelamentos).

Vamos entender como interpretar o resultado observando dois exemplos da análise K de Ripley (Figura 3). O eixo Y do gráfico representa a diferença entre a estatística K observada e a K simulada para cada tamanho de raio (para mais detalhes do cálculo da estatística ver página 11 do manual do Siriema). A linha azul é o resultado da estatística K para os nossos dados. O eixo X representa cada raio para qual foi calculada a estatística K (**ATENÇÃO:** O eixo X não representa a quilometragem da rodovia!). A área cinza representa o intervalo de confiança (a partir dos limites superior e inferior). Quando a linha azul estiver acima da área cinza (limite de confiança superior) significa que nesse raio (olhar o valor correspondente do eixo X) há agregações significativas de atropelamento. Na Figura 3, podemos ver que há agregações de atropelamento do raio inicial (100m) até aproximadamente o raio de 7 km. Nesse caso, nós podemos prosseguir para a análise de *hotspot* para saber onde estão localizadas essas agregações na rodovia. Você pode realizar a análise de *hotspot* com qualquer tamanho de raio que tenha apresentado agregação significativa na análise K.

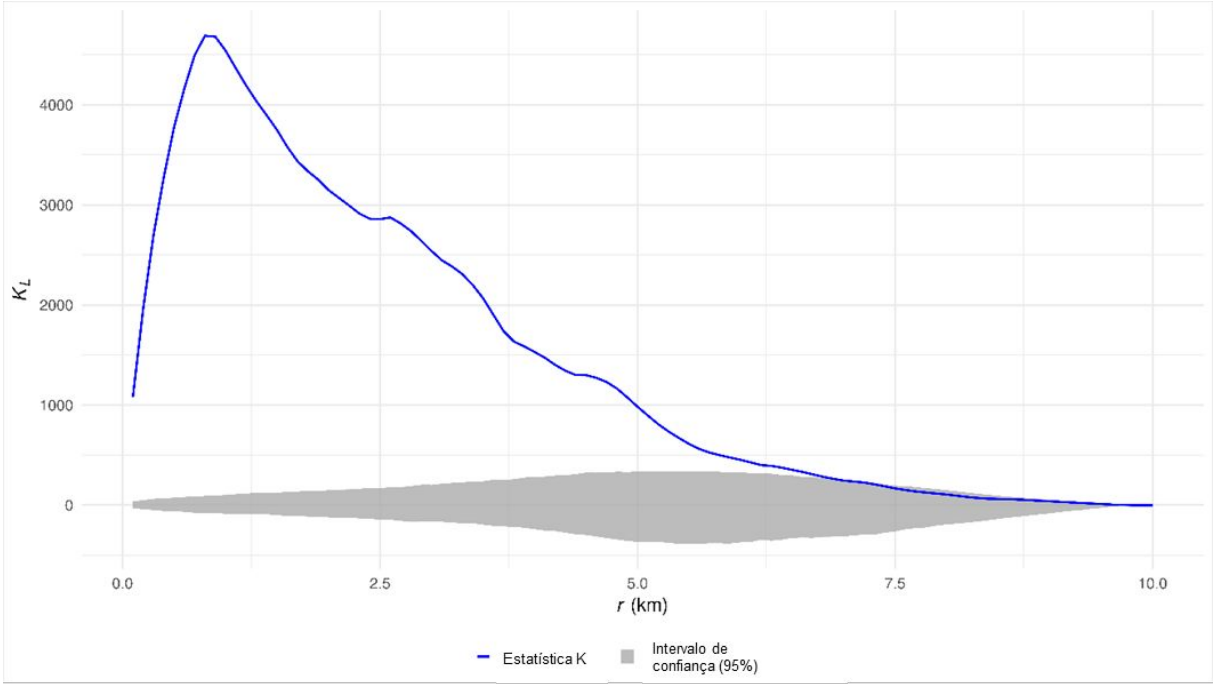


Figura 3 – Exemplo de resultado da análise K de Ripley na qual há agregação significativa do raio de 100 m até aproximadamente o raio de 7 km. A linha azul representa o resultado da estatística K e a zona cinza representa o intervalo de confiança. Para os raios nos quais a linha azul estiver acima da linha de confiança superior há agregação significativa naquele raio (eixo x).

Já na Figura 4, a linha azul fica dentro da área cinza em todos os raios, isto é, não há agregações significativas de atropelamento nesses dados para nenhum raio considerado. Nesse caso nós não podemos prosseguir para a análise de *hotspot*, pois a análise K de Ripley nos mostrou que nos nossos dados não há uma distribuição diferente do esperado ao acaso (como foi o exemplo do jogo de dados), ou seja, não há agregações significativas. Uma questão importante para notar aqui é que quando temos poucos registros de atropelamentos em uma dada via, é comum que a análise K de Ripley não encontre agregações significativas para nenhum raio porque esses poucos atropelamentos registrados não serão uma boa representação do padrão espacial que ocorre naquela via. Caso a linha azul do gráfico dos resultados estivesse abaixo da área cinza (abaixo do limite inferior do intervalo de confiança) haveria uma dispersão de agregação e significaria que há menos agregações do que esperado ao acaso nesses locais, também chamado de *coldspots* (SPANOWICZ; TEIXEIRA; JAEGER, 2020). Para mais detalhes da análise K de Ripley ver página 11 do manual.

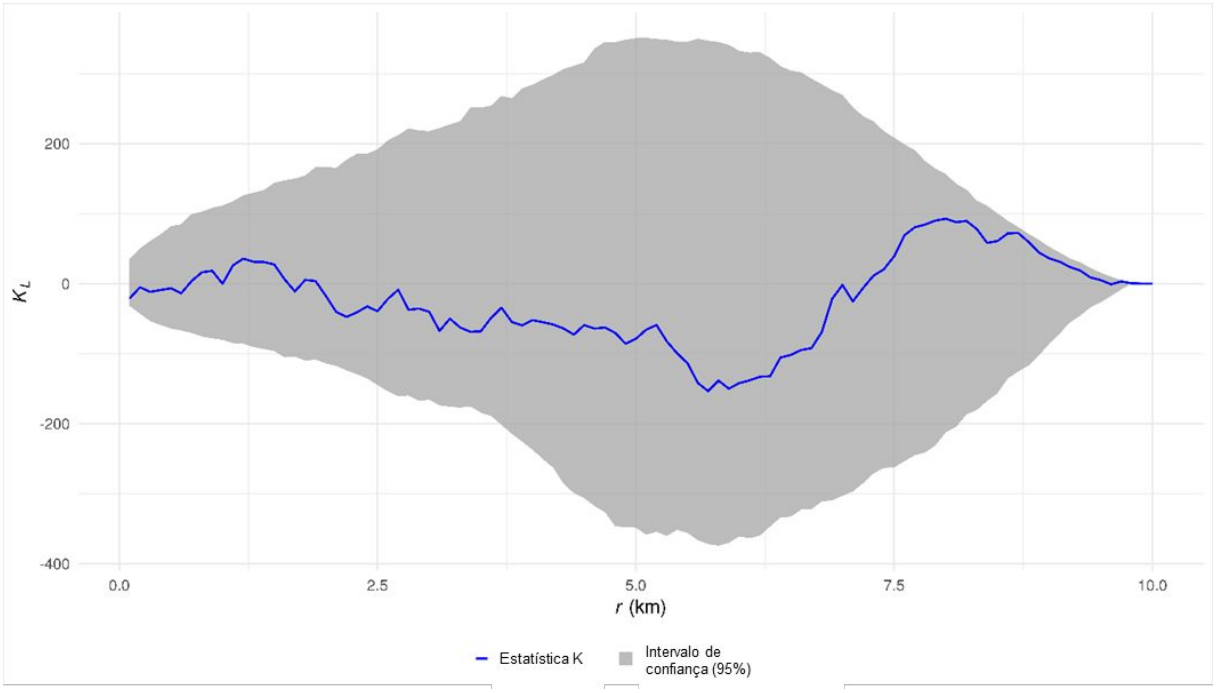


Figura 4 – Exemplo de resultado da análise K de Ripley na qual não há agregação significativa. A linha azul representa o resultado da estatística K e a zona cinza representa o intervalo de confiança. Nesse caso não há agregação significativa em nenhuma escala, logo não se deve progredir para a análise de *hotspot*.

Identificando a localização das agregações de atropelamentos

Após identificar se o padrão espacial dos atropelamentos é agregado e em quais escalas essas agregações ocorrem usando o teste K de Ripley, devemos escolher a(s) escala(s) para fazer a análise de *hotspot* dentre as escalas identificadas como significativas. Se a análise K de Ripley indicou que os dados são agregados, em geral essas agregações ocorrem em mais de uma escala (tamanhos de raio). Isso significa que para identificar em quais trechos estão localizadas essas agregações, precisamos escolher quais dessas escalas vamos utilizar na análise de *hotspot*. Podemos rodar a análise de *hotspot* mais de uma vez utilizando diferentes tamanhos de raio (desde que sejam utilizados aqueles raios identificados como tendo agregações significativas pela análise K de Ripley), como exemplificado abaixo. Como exemplo, analisamos o padrão espacial de atropelamentos em uma estrada de 10 km com 100 registros de atropelamentos. Após a análise K de Ripley indicar que há agregações significativas em todas as escalas analisadas, rodamos a análise de *hotspots* com dois raios diferentes: 10m e 300 m. Na Figura 5, podemos observar que o padrão espacial geral identificado em cada uma das escalas é similar, mas alguns *hotspots* deixam de existir entre uma escala e outra, ou se tornam mais curtos ou extensos, dependendo da escala utilizada.

Podemos observar também que os valores brutos de intensidade calculados pela análise (eixo Y em cada um dos gráficos) variam, pois, estes valores dependem do número de atropelamentos observado e simulado em círculos do tamanho do raio utilizado na análise. No nosso exemplo, ao utilizar um círculo com raio de 10 m (Figura 5A), sempre haverá menor intensidade de atropelamentos do que ao utilizar um círculo com raio de 300 m (Figura 5B), simplesmente porque cabem menos atropelamentos em um círculo de raio menor.

O resultado dessas análises indica que não há uma única escala "certa" para a análise de *hotspot* e que múltiplas escalas podem ser analisadas para dar suporte à tomada de decisão, desde que a análise K de Ripley tenha indicado que há agregações significativas nas escalas utilizadas. A definição das escalas das análises de *hotspot* pode ser pensada a partir do objetivo da análise, considerando tanto o grupo-alvo quanto a extensão de atuação das medidas de mitigação que estão sendo planejadas (ver página 19 do manual). Por exemplo, para espécies com pequena área de vida, baixa mobilidade e medidas de mitigação pontuais (como passagens de fauna) pode ser interessante explorar tamanhos de raio menores na análise, ao passo que para identificar um trecho mais longo de uma rodovia visando a instalação de um complexo de mitigação como um cercamento longo ou um trecho de estrada elevada pode ser mais interessante utilizar raios maiores na análise. Uma abordagem interessante é rodar as análises de *hotspot* com diferentes raios para explorar e compreender melhor o padrão espacial dos atropelamentos e com isso gerar recomendações para mitigação mais bem embasadas.

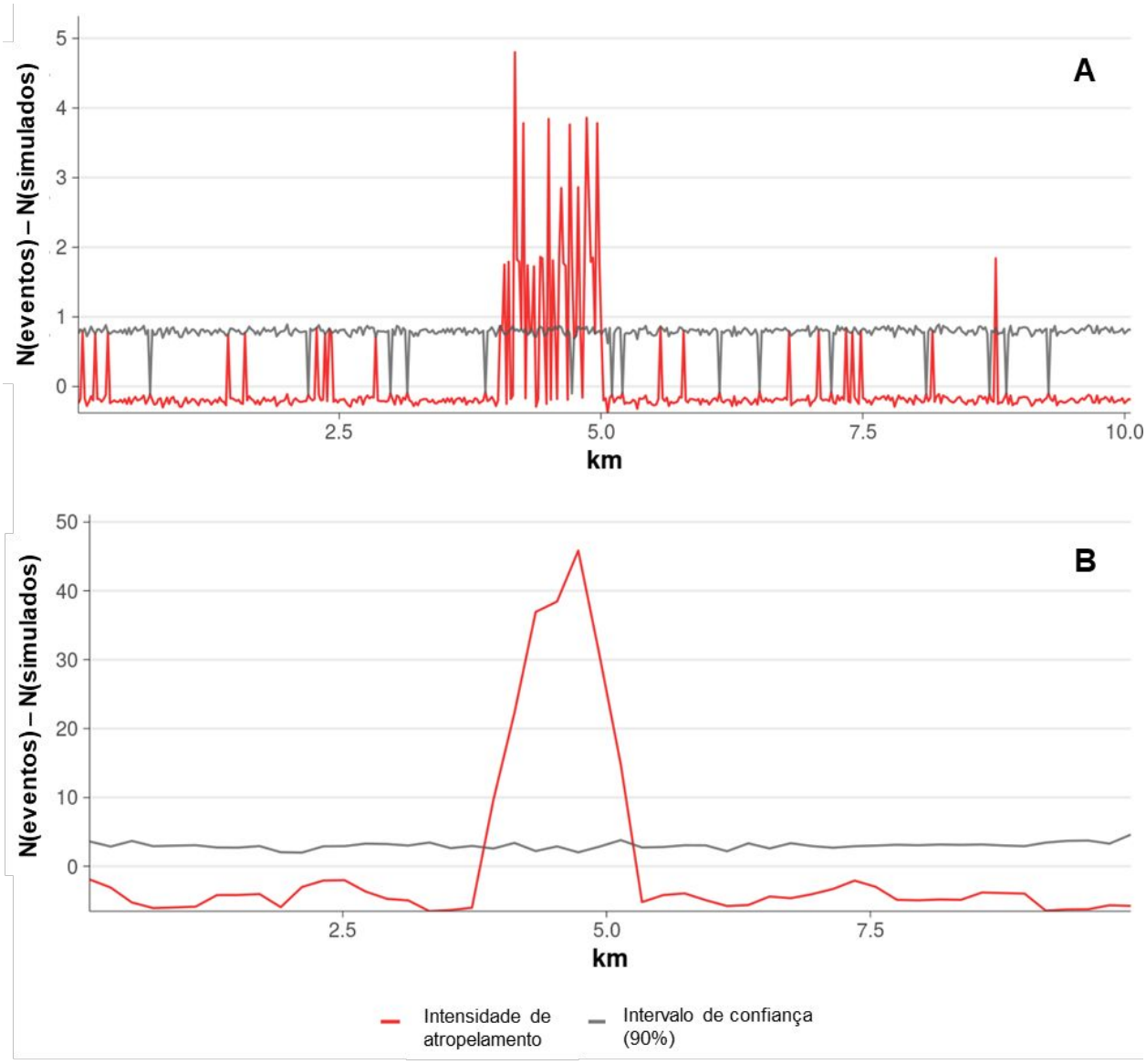


Figura 5 – Resultados da análise de *hotspots* considerando diferentes tamanhos de raio. A) Parâmetros da análise: 10 m de raio, 500 divisões da estrada (trechos de 20 m) e 100 simulações. B) Parâmetros da análise: 300 m de raio, 50 divisões da estrada (trechos de 200 m) e 100 simulações.

Resumindo, para definir qual (ou quais!) escala utilizar na análise de *hotspot*, sugerimos pensar sobre os seguintes itens:

1) Escolher uma escala que tenha se mostrado agregada pela análise K de Ripley;
2) Escolher uma escala que faça sentido para o grupo-alvo analisado, considerando por exemplo, a mobilidade do grupo, ou a área de vida das espécies, ou outros parâmetros importantes;

3) Escolher uma escala que dê suporte à tomada de decisão pensando na área em que as potenciais medidas mitigadoras teriam efeito.

Planejando mitigação de atropelamentos de anuros

Agora que já sabemos como fazer a análise espacial para identificar onde os animais morrem mais, vamos aplicá-la a um contexto de planejamento de mitigação. Durante o monitoramento de uma estrada foi estimada uma alta taxa de fatalidades de anfíbios anuros. A fim de minimizar esse impacto precisamos planejar a instalação de medidas de mitigação focada nesse grupo. O objetivo da análise é planejar a instalação de cercas para anfíbios com passagens de fauna inferiores associadas, evitando que esses animais acessem a estrada, mas permitindo seu deslocamento entre ambos os lados da via. Temos que definir quais locais ao longo da estrada receberão essas medidas mitigadoras a partir dos dados de fatalidades disponíveis. Para começar esse planejamento, a análise K de Ripley foi feita para identificar se há agregação das fatalidades de anfíbios, e em qual escala ocorre essa agregação. Iniciamos com uma escala de 100 m, com um incremento a cada 100 m e fizemos 1.000 simulações. Identificamos que há agregação em quase todas as escalas avaliadas (Figura 6A) e o desafio agora é escolher qual escala (tamanho de raio) utilizaremos na análise de *hotspot*, identificando onde estão as agregações ao longo da estrada. Aqui não há resposta única, pois para definir o raio e o tamanho dos trechos para a análise de *hotspot* devemos pensar no objetivo da análise, no grupo-alvo e na área de atuação das medidas de mitigação. Nesse caso, como estamos focados em planejar mitigação para anfíbios e esses animais não têm uma capacidade de deslocamento tão grande, optamos por escolher um raio de 200 m e trechos de 100 m de extensão. No resultado da análise de *hotspot*, identificamos cinco zonas de agregação de atropelamentos (Figura 6B). Lembrando que dividimos a estrada em trechos de 100 m e a análise avaliou se cada um desses trechos era ou não um *hotspot*. Estamos chamando aqui de zonas, por que cada uma delas é formada por vários *hotspots* de 100 m cada um. Por esse motivo, cada uma tem uma extensão distinta. Sobrepondo o resultado dos *hotspots* com a imagem de satélite (Figura 6E) é possível visualizar o contexto paisagístico onde estão inseridos (Figura 6C e Figura 6D). Para mais detalhes de como exportar os resultados, veja as páginas 8 e 9 do manual do Siriema.

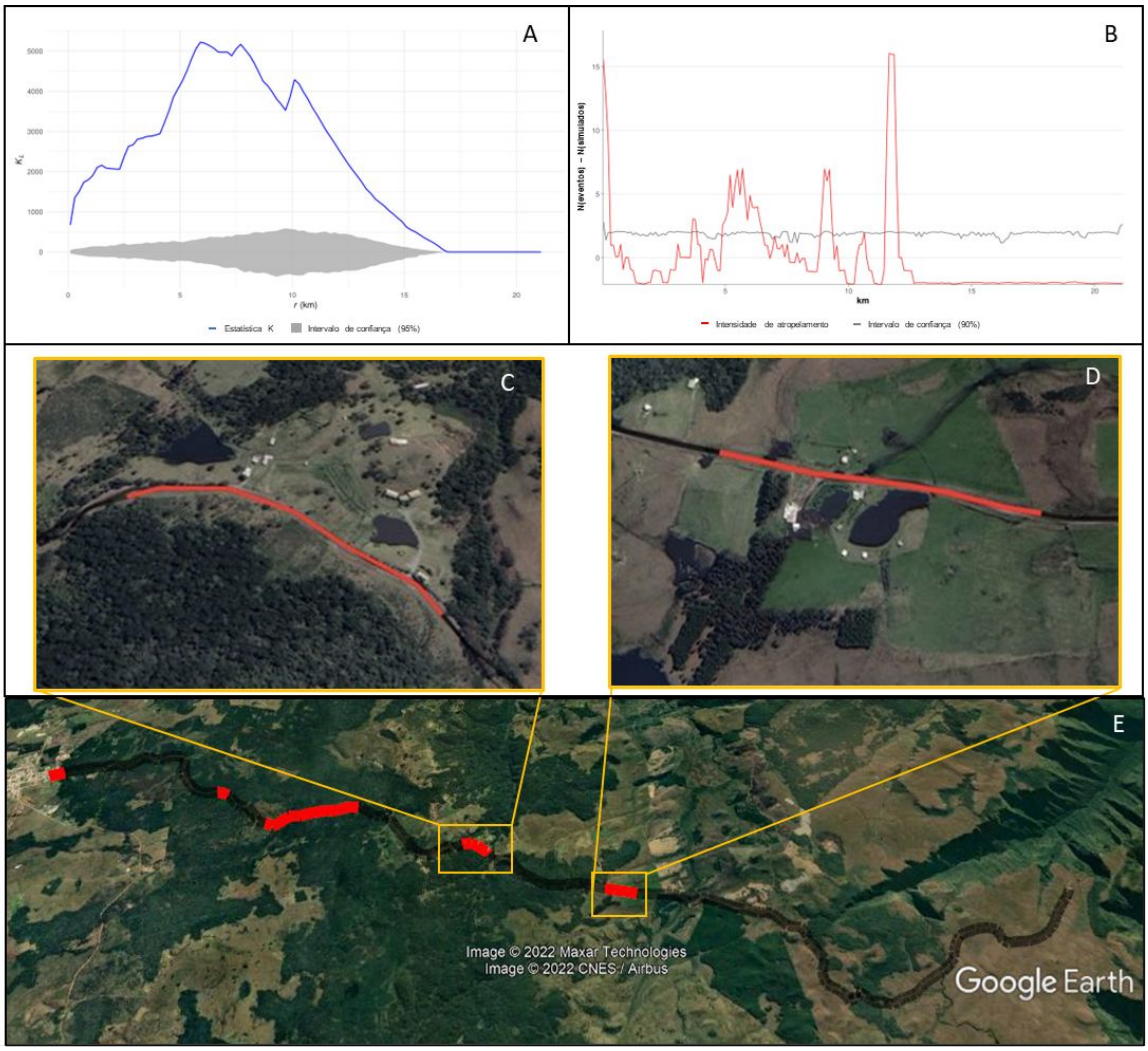


Figura 6 – Resultados das análises K de Ripley (A) e 2D HotSpot Identification (B) referentes ao estudo de caso sobre o planejando de mitigação de atropelamentos de anfíbios anuros em uma rodovia. Os *hotspots* foram sobrepostos à imagem de satélite do Google Earth (E) para visualização da paisagem onde estão inseridos (C e D).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para sintetizar as aplicações analíticas exploradas ao longo do capítulo, elencamos abaixo as principais mensagens que devem ser lembradas quando dados de fatalidades forem analisados:

- Não se deve utilizar apenas as taxas observadas quando a pergunta de interesse for "quantos animais morrem", principalmente se o objetivo for comparar diferentes taxas;

- É necessário realizar a correção dos erros amostrais para estimar quantos animais morrem na rodovia monitorada;
- Essa correção permite que as taxas de fatalidades sejam comparáveis com taxas de outros locais, outras espécies e/ou outros momentos – lembrando que essas também precisam estar corrigidas;
- A eficiência do observador e a remoção das carcaças são os erros amostrais mais frequentes a serem considerados nas estimativas e que podem ser incluídos na análise do programa Siriema;
- Quando a pergunta de interesse for "onde os animais morrem", sempre temos que realizar análise K de Ripley para verificar se há presença de agregação das fatalidades (*hotspots*) na rodovia monitorada;
- Não se deve realizar análise de *hotspot* quando não houver agregação indicada pela análise K de Ripley;
- O raio da análise de *hotspot* deve estar dentro das escalas de agregação identificadas na análise K de Ripley.
- A definição das escalas da análise de *hotspot* deve considerar a presença de agregação na análise K de Ripley, o grupo-alvo da análise e o alcance das medidas de mitigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, F.D.; GRANZIERA, B.M.; HUIJSER, M.P; FERRAZ, K.M.P.M.D.B.; HADDAD, C.M.; PAOLINO R.M. Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil. **PLoS ONE**, v. 14, n. 4, e0215152, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0215152

ABRA, F. D.; HUIJSER, M. P., MAGIOLI, M., BOVO, A. A. A., & DE BARROS, K. M. P. M. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. **Heliyon**, v. 7, n. 1, e06015, 2021. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06015

ASCENSÃO, F.; YOGUI, D.R.; ALVES, M.H.; ALVES, A.C.; ABRA, F.; DESBIEZ, A.L.J. Preventing wildlife roadkill can offset mitigation investments in short term. **Biological Conservation**, v. 253, 108902, 2021. DOI: 10.1016/j.biocon.2020.108902

BAKER, P. J.; HARRIS, S.; ROBERTSONN, C.P.J.; SAUNDERS, G.; WHITE, C.L. *et al*. Is it possible to monitor mammal population changes from counts of road traffic casualties? An analysis using Bristol's

red foxes *Vulpes vulpes* as an example. **Mammal Review**, v. 34, n. 1–2, p. 115–130, 2004. DOI: 10.1046/j.0305-1838.2003.00024.x

BARRIENTOS, R.; MARTINS, R.C.; ASCENSÃO, F.; D'AMICO, M.; MOREIRA, F.; BORDA-DE-ÁGUA, L.. A review of searcher efficiency and carcass persistence in infrastructure-driven mortality assessment studies. **Biological Conservation**, v. 222, n. November 2017, p. 146–153, jun. 2018. DOI: 10.1016/j.biocon.2018.04.014

COELHO, A. V. P. *et al*. **Siriema - Programa para atropelamentos em rodovias - Manual do Usuário v.2.0**. Porto Alegre Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319069206_Siriema_road_mortality_software_User's_Manual_V_20. Acesso em 11/08/2023

COELHO, I. P.; TEIXEIRA, F.Z.; COLOMBO, P.; COELHO, A.V.P.C.;KINDEL, A. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 112, p. 17–26, 2012. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.07.004

COELHO, I. P.; KINDEL, A.; COELHO, A. V. P. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. **European Journal of Wildlife Research**, v. 54, n. 4, p. 689–699, 2008. DOI: 10.1007/s10344-008-0197-4

DALTHORP, D.; MADSEN, L.; HUSO, M.; RABIE, P.; WOLPERT, R.; STUDYVIN, J.; SIMONIS, J.; MINTZ, J. GenEst statistical models - A generalized estimator of mortality. **Techniques and Methods**, p. 13, 2018. DOI: https://doi.org/10.3133/tm7A2

DASOLER, B. T.; KINDEL, A.; BEDUSCHI, J.; BIASOTTO, L. D.; DORNAS, R.A.P.; GONÇALVES, L.O.; LOMBARDI, P.M.; MENGER, T.; OLIVEIRA, G.S.; TEIXEIRA, F.Z. *et al*. The need to consider searcher efficiency and carcass persistence in railway wildlife fatality studies. **European Journal of Wildlife Research**, v. 66, p. 81, 2020. DOI: 10.1007/s10344-020-01417-7

DORNAS, R. A. P. **Siriema plots**. Disponível em: https://rdornas.shinyapps.io/siriema_plots. Acessado em: 14/06/2022.

DORNAS, R. A. P.; TEIXEIRA, F.Z.; GONSIOROSKI, G.; NÓBREGA, R.A.A. *et al*. Strain by the train: Patterns of toad fatalities on a Brazilian Amazonian railroad. **Science of the Total Environment**, v. 660, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.371

FRANCESCHI, I. C.; GONÇALVES, L.O.; KINDEL, A.; TRIGO, T.C. Mammalian fatalities on roads: how sampling errors affect road prioritization and dominant species influence spatiotemporal patterns. **European Journal of Wildlife Research**, v. 67, n. 6, p. 1–11, 2021. DOI: 10.1007/s10344-021-01540-z

GONÇALVES, L. O.; ALVARES, D.J.; TEIXEIRA, F.Z.; SCHUCK, G.; COELHO, I.P.; ESPERANDIO, I.B.; ANZA, J.; BEDUSCHI, J,; BASTAZINI, V.A.G.; KINDEL, A. *et al*. Reptile road-kills in Southern

Brazil: Composition, hot moments and hotspots. **Science of the Total Environment**, v. 615, p. 1438–1445, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.053

GONZÁLEZ-SUÁREZ, M.; ZANCHETTA FERREIRA, F.; GRILO, C. Spatial and species-level predictions of road mortality risk using trait data. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, n. 9, p. 1093–1105, 1 set. 2018. DOI: 10.1111/geb.12769

GUINARD, É.; JULLIARD, R.; BARBRAUD, C. Motorways and bird traffic casualties: Carcasses surveys and scavenging bias. **Biological Conservation**, v. 147, n. 1, p. 40–51, 2012. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.01.019

GUINARD, É.; PRODON, R.; BARBRAUD, C. Case Study: A Robust Method to Obtain Defendable Data on Wildlife Mortality. In: **Handbook of Road Ecology**, n. October, p. 96–100, 2015. DOI: 10.1002/9781118568170.ch12

HUBBARD, K. A.; CHALFOUN, A. D. An experimental evaluation of potential scavenger effects on snake road mortality detections. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 7, n. 2, p. 150–156, 2012. Disponível em: http://www.herpconbio.org/contents_vol7_issue2.html

MENGER, T. Estimating carcass detection and persistence heterogeneity and roadkill numbers with open population capture-recapture models. **Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia**. Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/239124

PONCE, C.; ALONSO, C.; ARGANDOÑA, G.; FERNÁNDEZ, G.; CARRASCO, M. *et al*. Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. **Animal Conservation**, v. 13, n. 6, p. 603–612, 2010. DOI: 10.1111/j.1469-1795.2010.00387.x

RUSSO, L. F.; BARRIENTOS, R.; FABRIZIO, M.; DI FEBBRARO, M.; LOY, A. *et al*. Prioritizing road-kill mitigation areas: A spatially explicit national-scale model for an elusive carnivore. **Diversity and Distributions**, v. 26, n. 9, p. 1093–1103, 2020, DOI: 10.1111/ddi.13064

RYTWINSKI, T.; SOANES, K.; JAEGER, J.A.G.; FAHRIG, L.; FINDLAY, C.S.; HOULAHAN, J.; VAN DER REE, R.; VAN DER GRIFT, A. *et al*. How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 11, n. 11, p. 1–25, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0166941

SANTOS, R. A. L.; SANTOS, S.M.; SANTOS-REIS, M; DE FIGUEIREDO, A.P.; BAGER,A.; AGUIAR, L.M.S.; ASCENSÃO, F. Carcass Persistence and Detectability: Reducing the Uncertainty Surrounding Wildlife-Vehicle Collision Surveys. **PLoS ONE**, v. 11, n. 11, p. 1–15, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0165608

SANTOS, R. A. L.; ASCENSÃO, F. Assessing the effects of road type and position on the road on small mammal carcass persistence time. **European Journal of Wildlife Research**, v. 65, n. 1, 2019. DOI: 10.1007/s10344-018-1246-2

SANTOS, S. M.; CARVALHO, F.; MIRA, A. How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. **PLoS ONE**, v. 6, n. 9, p. e25383, 27 set. 2011. DOI: 10.1371/journal.pone.0025383

SPANOWICZ, A. G.; TEIXEIRA, F. Z.; JAEGER, J. A. G. An adaptive plan for prioritizing road sections for fencing to reduce animal mortality. **Conservation Biology**, v. 34, n. 5, p. 1210–1220, 2020. DOI: 10.1111/cobi.13502

TEIXEIRA, F. Z.; COELHO, A.V.P.; ESPERANDIO, I.B.; KINDEL, A. Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. **Biological Conservation**, v. 157, p. 317–323, 2013. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.09.006

VISINTIN, C.; VAN DER REE, R.; MCCARTHY, M. A. A simple framework for a complex problem? Predicting wildlife–vehicle collisions. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 17, p. 6409–6421, 2016. DOI: 10.1002/ece3.2306

IMPACTO DAS FERROVIAS NA FAUNA

IMPACTO DAS FERROVIAS NA FAUNA

Mitigação de Fatalidades de Quelônios em Ferrovias
Tatiane Bressan Moreira

Modelagem geográfica para predição de impactos em áreas protegidas: estudos de caso para o Parque Indígena do Xingu
William Leles de Souza Costa e Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

MITIGAÇÃO DE FATALIDADES DE QUELÔNIOS EM FERROVIAS

Tatiane Bressan Moreira[*]

[*]Rumo Logística

As infraestruturas de transporte terrestre, como rodovias e ferrovias, são elementos essenciais ao desenvolvimento socioeconômico, promovendo a acessibilidade e o transporte de uma série de materiais e insumos (COFFIN, 2007). Entretanto, a implantação e operação das vias de tráfego provocam inúmeros impactos ao meio ambiente (FORMAN; ALEXANDER, 1998), tanto nos componentes abióticos quanto os bióticos.

Dentre os impactos causados pelas ferrovias nos componentes bióticos, destacam-se o efeito barreira, os atropelamentos ocasionados pelo tráfego de composições (trens) e o aprisionamento de animais de pequeno porte entre os trilhos (Figura 1), como por exemplo, dos quelônios (cágados, tartarugas e jabutis).

Figura 1 – Carcaça de Tigre-d'água registrada entre trilhos em uma ferrovia no Rio Grande do Sul. Fonte: Rumo Logística.

O aprisionamento e morte de quelônios em ferrovias tem sido relatado no Brasil e em diversos outros países. O acesso desses animais aos trilhos é facilitado principalmente por passagens em nível (Figura 2), local onde há o cruzamento entre o modal ferroviário e rodoviário.

Figura 2 – Passagem em nível: principal local por onde ocorre o acesso dos quelônios à ferrovia. Fonte: Rumo Logística.

Uma vez entre trilhos, a possibilidade de fuga é baixa, principalmente para quelônios de menor porte. Estudos sobre o comportamento desses animais expostos a uma barreira física, apontaram que os indivíduos preferem percorrer toda a extensão do obstáculo do que tentar superá-lo, isso porque suas particularidades anatômicas, como a presença de uma carapaça rígida e de membros locomotores curtos, conferem-lhes baixa capacidade para transposição de barreiras (RUBY *et al.*, 1994).

Os dados de monitoramento de fatalidades em ferrovias mostram que a maioria das carcaças de quelônios encontradas entre trilhos não apresenta nenhum indício de trauma causado por atropelamento, reforçando a hipótese de que o óbito se dá como consequência do rápido aumento da temperatura corporal dos animais aprisionados dentro da via (KORNILEV *et al.*, 2006). Sabe-se que até mesmo em dias mais amenos, a temperatura da via pode superar 50°C, conforme já observado em ferrovias de concessão da Rumo Logística, localizadas nos estados de Tocantins e Rio Grande do Sul.

Frente a isso, a adoção de medidas mitigadoras para este tipo de impacto, tão específico, torna-se um desafio.

As primeiras passagens projetadas para quelônios em ferrovias surgiram de uma parceria entre a Greenbush Line Commuter e a Massachusetts Bay Transportation Authority, em 2003. Essas passagens tinham como principal objetivo a promoção de conectividade para as tartarugas-manchadas (*Clemmys guttata*) (PELLETIER *et al.*, 2005).

Em meados de 2015, outra parceria entre a CIA Ferroviária JR West e o Suma Aqualife Park, no Japão também culminou com a criação de passagens específicas para testudínes, com o objetivo de reduzir a mortalidade destes animais na ferrovia. De acordo com a concessionária, tais estruturas contribuíram para o aumento da conectividade e redução da taxa de mortalidade da espécie-alvo.

Outros estudos testaram e implementaram diferentes protótipos para travessia e redução da mortalidade de quelônios entre trilhos (RAUTSAW *et al.*, 2018). No Brasil, os primeiros testes iniciaram no Rio Grande Sul, em 2016, com a instalação de canaletas de zinco (Figura 3), em zonas mapeadas como críticas de fatalidades para tigres-d'água (*Trachemys dorbigini*), uma espécie de tartaruga de água doce, endêmica do extremo sul do país.

Figura 3 – Primeiro protótipo brasileiro de passagem de quelônios instalado em uma ferrovia no Rio Grande do Sul. Fonte: Rumo Logística.

Monitoramentos posteriores à instalação dessas estruturas, mostraram que o zinco se deformava com certa facilidade, criando abas e degraus, além de superaquecer rapidamente em dias quentes, o que poderia paradoxalmente atuar como obstáculo a travessia desses animais.

De 2016 em diante, os *designs* dos protótipos brasileiros foram aperfeiçoados (Figura 4), considerando uma gama de fatores, como a segurança ferroviária, a capacidade de aquecimento e composição do material, a facilidade de instalação, reposição e manutenção e também as particularidades das diferentes espécies encontradas nas demais regiões do país.

Figura 4 – Novos designs de canaletas e placas sinalizadoras instaladas em uma ferrovia no Rio Grande do Sul: espécie-alvo *Trachemys dorbigni*. Fonte: Rumo Logística.

No Rio Grande do Sul, os novos modelos de passagens para tigres-d'água consistiram na remoção do lastro (pedras) entre dois dormentes, pintura em cor amarela e instalação de placas sinalizadoras. A sinalização é necessária para que as equipes de manutenção de via permanente mantenham as passagens sempre desobstruídas.

A metodologia para seleção das zonas críticas para tigres-d'água considerou os dados de monitoramentos realizados em trechos operacionais da ferrovia, nos anos de 2011 a 2017. As canaletas foram instaladas a cada 100 metros, nos principais *hotspots* de fatalidades apontados pela análise de agregações (Figura 5), realizada por meio do software Siriema 2.0®. A extensão dos *hotspots* levantados variou entre 510 e 2141 metros.

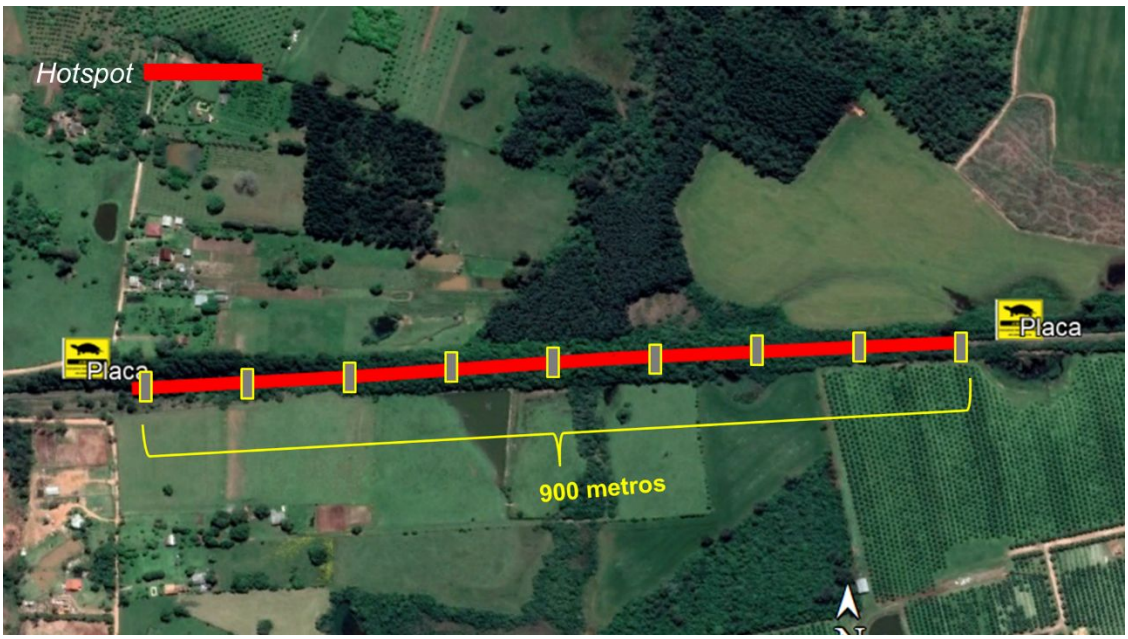


Figura 5 – Distribuição das passagens para tigres-d'água e placas sinalizadoras ao longo de um *hotspot*.
Fonte: Rumo Logística.

Todavia, sabe-se que diferentes espécies possuem diferentes necessidades e no ano de 2018, um teste realizado em uma ferrovia situada no Tocantins, comprovou que quelônios terrestres, como o jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonarius*), na maioria das vezes, evitam descer em canaletas que apresentem degraus ou declives acentuados. Para este grupo, portanto, foi necessária a instalação de uma rampa para encorajar a descida e evasão sob trilhos (Figura 6).

A metodologia de instalação e distribuição das passagens para jabutis diverge da metodologia empregada para tigres-d'água, pois além da estrutura precisar de adaptações para a descida dos jabutis, sua instalação é feita em pares (Figura 7), uma de cada lado, nas principais passagens em nível (PN) mapeadas também pela análise de agregações como pontos frequentes de entrada dos animais.

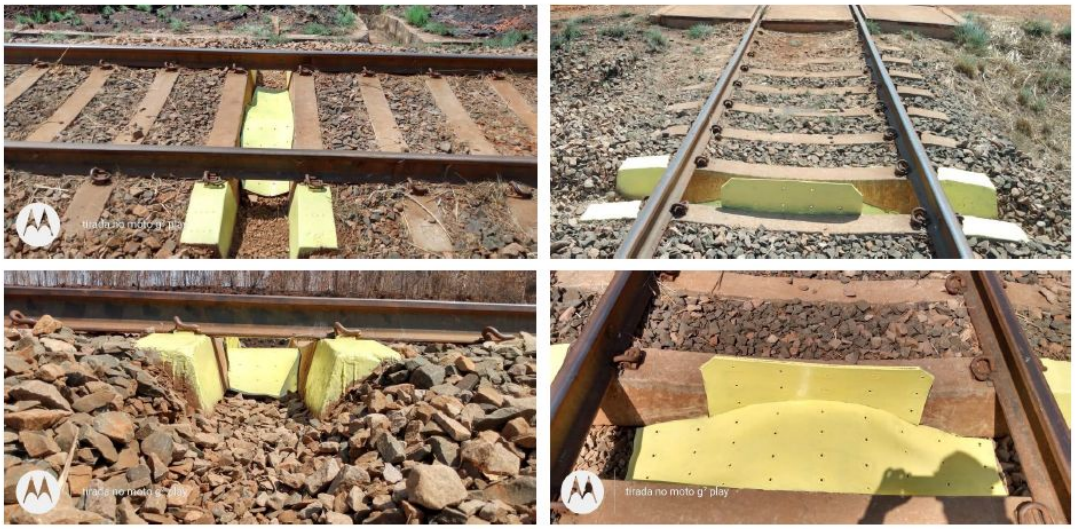


Figura 6 – Protótipo de passagem para jabutis instalado em uma ferrovia no Tocantins. Nota: a borracha utilizada para revestimento e formação da rampa é proveniente da troca de correias transportadoras em terminais ferroviários. Fonte: Rumo Logística.

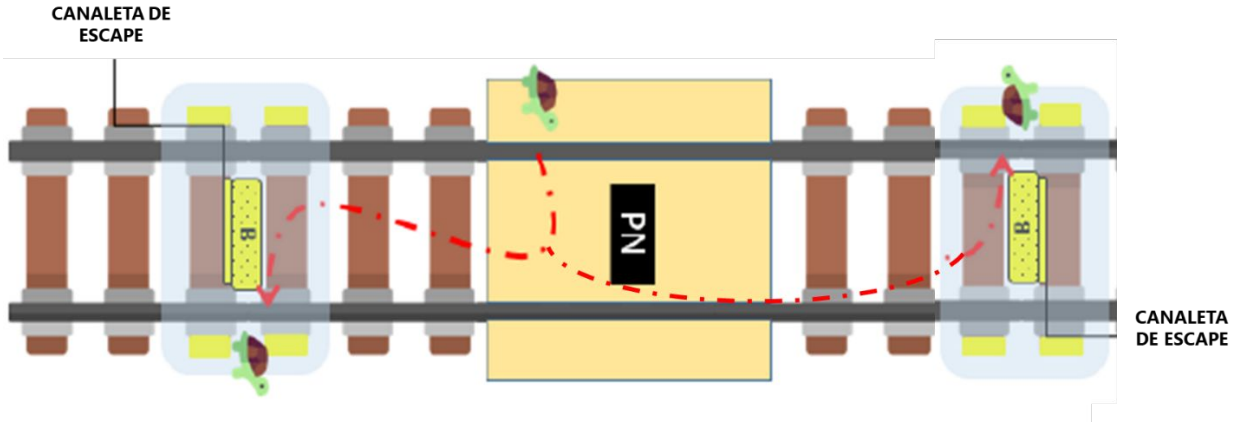


Figura 7 – Desenho esquemático da disposição em pares das passagens para jabutis, em cada lado da passagem em nível. Fonte: Rumo Logística.

Os primeiros resultados obtidos após a instalação dessas estruturas mostraram que tanto o Tigre-d'água (Figura 8), quando o jabuti (Figura 9), utilizaram suas passagens de forma adequada, conforme flagrante disponibilizado pela concessionária responsável por estas ferrovias.

A instalação deste tipo de passagem em ferrovias não necessita de grandes investimentos, possui baixa complexidade e facilidade de instalação e manutenção. Os experimentos com protótipos de passagens para quelônios têm sido promissores e o monitoramento de efetividade é

indispensável. Acredita-se que outras espécies de menor porte, como anfíbios, outros répteis e até mesmo mamíferos (roedores e tatus), também possam se beneficiar com a presença destas estruturas ao longo da via, seja para evasão ou para incremento da conectividade.

Figura 8 – Tigre-d'água utilizando passagem (Vídeo https://youtu.be/w-wQF2GAU0s: Rumo Logística).

Figura 9 – Jabuti utilizando passagem (Vídeo https://youtu.be/W1eBjlMZPZI: Rumo Logística).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COFFIN, A. W. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography**, v. 15, p. 396–406, 2007. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006

FORMAN, R.T.T.; ALEXANDER L. Roads and their major ecological effects. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** v. 29, p. 207-231, 1998. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207

KORNILEV, Y. V., PRICE, A. J., DORCAS, M. E. Between a rock and a hard place: Responses of eastern box turtles (*Terrapene carolina*) when trapped between railroad tracks. **Herpetological Review** v. 37, p. 145–148, 2006.

PELLETIER, S. K., CARLSON, L., NEIN, D., ROY, R. D. Railroad crossing structures for spotted turtles: Massachusetts Bay Transportation Authority—Greenbush rail line wildlife crossing demonstration project, p. 414–425. In: C. L. Irwin, P. Garrett, K. P. McDermott (eds.). **Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation**. Raleigh, North Carolina, 2005. Disponível em: https://escholarship.org/uc/item/6087h4st. Acesso em 3/02/2023.

RAUTSAW, R. M.; MARTIN, S. A.; VINCENT, B. A.; LANCTOT, K.; BOLT, M. R.;PARKINSON, C. L. Stopped dead in their tracks: The impact of railways on gopher tortoise (*Gopherus polyphemus*) movement and behavior. **Copeia**, v. 106, n.1, p.135-143, 2018. DOI: 10.1643/CE-17-635

RUBY, D. E.; SPOTILA, J. R.; MARTIN, S. K.; KEMP, S. J. Behavioral responses to barriers by desert tortoises: implications for wildlife management. **Herpetological Monographs**, v. 8, p. 144–160, 1994. DOI: 10.2307/1467078

MODELAGEM GEOGRÁFICA PARA PREDIÇÃO DE IMPACTOS EM ÁREAS PROTEGIDAS: ESTUDOS DE CASO PARA O PARQUE INDÍGENA DO XINGU

William Leles de Souza Costa[*] *e Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega*[**]

[*] Centro de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

[**] Transportation Research and Environmental Modeling, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

INTRODUÇÃO

O presente capítulo aborda a necessidade de modernização do processo de tomada de decisão no planejamento de transportes, agente desencadeador de diversos impactos diretos e indiretos na fauna e na flora, e objeto de estudo na Ecologia de Transportes. Não obstante, os efeitos negativos das infraestruturas lineares no meio ambiente atingem também o espectro social e econômico, sobretudo ampliando a vulnerabilidade de povos e comunidades tradicionais.

O texto conta com uma breve síntese dos grandes projetos de infraestrutura lineares de transporte, trazendo ao leitor a visão estratégica adotada quando na proposição dos mesmos. Questões sobre a eficiência dos métodos tradicionais de planejamento justificam a introdução de métodos mais inclusivos para abordar de forma moderna os critérios construtivos da infraestrutura, considerando, por exemplo, os aspectos socioambientais que há tempo já faz parte das políticas de transporte. São então apresentadas duas das abordagens proeminentes da inteligência geográfica aplicadas em estudos de caso da pressão indireta de ferrovias e rodovias no Parque Indígena do Xingú.

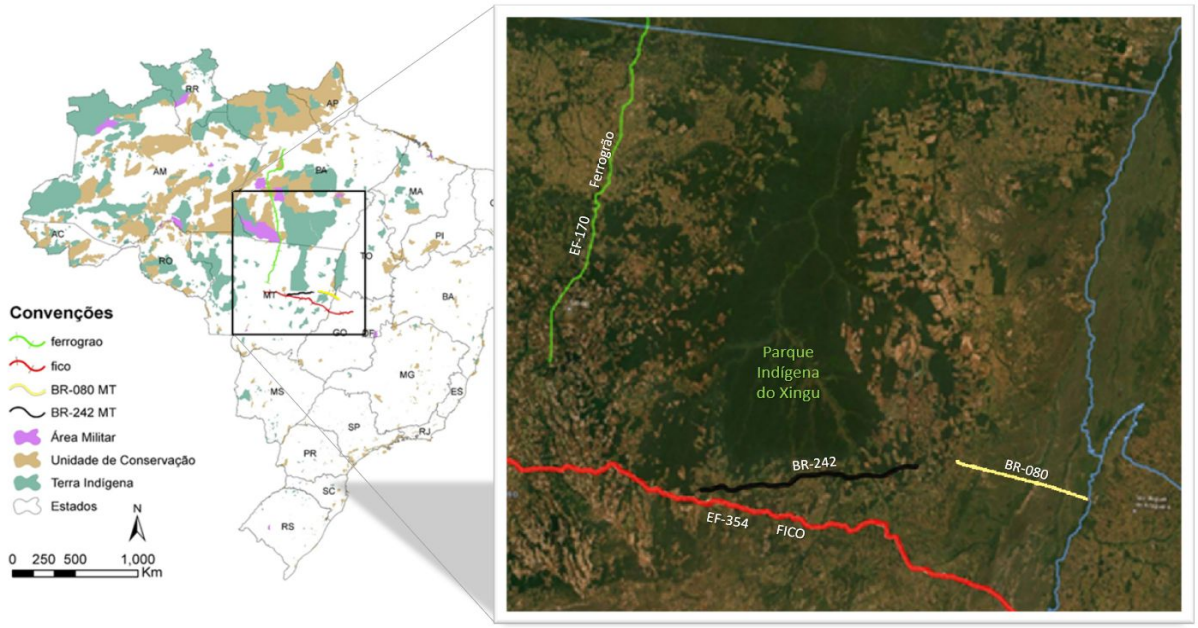


Figura 1 – Mapa de localização do Parque Indígena do Xingú-MT e das respectivas infraestruturas viárias propostas pelo Governo Federal elencadas neste estudo.

Os projetos de infraestrutura linear

Para início dessa seção é necessário dissertar sobre como surge um projeto de infraestrutura linear de grande porte como a proposição de rodovias, ferrovias, linhas de transmissão e dutovias. No setor de transportes, em uma visão geral, projetos dessa natureza surgem a partir de ações e interesses políticos e macrologísticos, em geral, rotulados como projetos estratégicos. Dois exemplos clássicos de macroprojetos de infraestrutura rodoviária são [i] a malha rodoviária federal alemã de alta capacidade (Autobahn), idealizada em meados da década de 1920 para ser o alicerce da retomada de desenvolvimento nacional após a Primeira Guerra Mundial, teve papel vital no suporte a macrologística do país durante a Segunda Guerra Mundial, e posteriormente na reunificação da Alemanha até os anos 1990 (MÖLLER; ZIERER, 2018; ZELLER, 2007), e [ii] o sistema norte-americano das rodovias interestaduais (Interstate Highway System), iniciado a partir do pelo decreto rodoviário federal de 1956 na gestão do Presidente Eisenhower (STICH *et al.*, 2011; BEIMBORN; PUENTES, 2003), e que continua em expansão (NOBREGA; STICH, 2012).

No Brasil, a adesão do governo de Washington Luís na década de 1920 à política rodoviária favoreceu a criação dos primeiros planos rodoviários nacionais de eixos estruturantes, como

Catramby em 1926 e Schnoor em 1927, e da Comissão de Estradas de Rodagem Federais em 1928, que em 1934 no governo de Getúlio Vargas evoluiu para o Plano Geral de Viação Nacional, e Plano Rodoviário do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem em 1937 (SEMAN, 2010). O transporte sobre trilhos, que se expandiu em diferentes porções do Brasil desde a segunda metade do Século XIX, passou a não mais contar com políticas de incentivo. Contudo, o Sistema Nacional de Viação de 1973 foi o primeiro plano a integrar os modos ferroviário, já estagnado, e aquaviário à proposta de eixos rodoviários estruturantes capilarizados no interior do país (BRONKHORST, 2010).

Estas megapropostas de grande extensão territorial decorrem de momentos políticos específicos e influenciaram diretamente a antropização do interior do país e a dinâmica de alterações no padrão do uso do solo. Pela natureza de sua proposição, são planejados em gabinete, muitas vezes por *stakeholders* e atores de alto escalão, em uma perspectiva conhecida como *top-down*. Nesta escala, de forma generalizada, a preocupação é com a conexão de pontos sobre um mapa, ao passo que a preocupação com a implementação da infraestrutura em si, seja pela visão da engenharia como quanto ao custo, material, bem como as análises de impacto, de viabilidade e as tradicionais mitigações ocorrem sempre ao nível do solo, na chamada perspectiva *bottom-up* (STICH *et al.*, 2011). As consequências futuras de cunho ambiental, por exemplo, não faziam parte do rol de cenários previstos, como exemplo na política de incentivo a abertura de estradas para ocupação das terras praticadas de forma intensa nas décadas de 1970 e 1980 pelas Superintendências de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e do Centro-Oeste (SUDECO) (ABREU, 2001; BRITO, 2001). Historicamente, o legado destes projetos deixou sequelas profundas e, em muitos casos, irreversíveis ao meio ambiente e aos povos tradicionais (SOARES-FILHO *et al*., 2006; FEARNSIDE; GRAÇA, 2006).

Contudo, mesmo contando com dados e ferramentais modernas (SANTOS; NOBREGA, 2022; IBISCH *et al*., 2016) e principalmente com uma legislação ambiental orientada a proteção de áreas suscetíveis, os projetos de infraestruturas recentes como os Plano Nacional de Logística e Transporte de 2010 e o Plano Nacional de Logística de 2017 com simulações de cenários para 2035, parecem subestimar as componentes ambiental e socioeconômica pela falta de sinergia com outros atores para o comprimento das metas de conservação das quais o Brasil é signatário (TISLER *et al*., 2022).

Necessidade de modernização do planejamento de transportes

A retórica dos projetos de infraestrutura linear desenvolvidos no Brasil no mundo, sobretudo no setor de transportes permite afirmar que diversos problemas de natureza biótica e abiótica estão associados a falhas no processo de planejamento das mesmas (LEON *et al*., 2020; FERREIRA JUNIOR *et al,*. 2016). A continuidade da prática de procedimentos tradicionais no planejamento de transporte que prezam majoritariamente pelas perspectivas de engenharia, mercado e logística, sobretudo sem a adoção de medidas capazes de o fazer evoluir para a completitude das atuais legislações e políticas socioambientais, acarretam aditivos financeiros e temporais na execução das obras, quando não em seu embargo. Esse descompasso entre o planejado e o legalmente e financeiramente possível tem exigido frequentes remediações jurídicas (NOBREGA *et al*., 2016).

Dentre os problemas clássicos decorrentes de um planejamento de transporte ineficiente está a descoberta tardia da inviabilidade técnica, econômica e ambiental de uma obra. No que se refere a perturbações ao meio biótico, as infraestruturas lineares, segundo BORDA-DE-ÁGUA *et al*. (2017), modificam a paisagem e seu entorno e ocasionam perdas e fragmentações de habitat. Não obstante, a operação de veículos nessas infraestruturas é responsável por impactos adicionais como atropelamento de fauna, contaminação química e perturbação por ruído (TEIXEIRA *et al*., 2020). A ausência de planejamento, ou simplesmente sua ineficiência, acarreta também problemas no tocante a proximidade ou coexistência entre a infraestrutura viária e a população local. Este pode se desdobrar em problemas de aspecto econômico, causados pela ruptura dos serviços então existentes ou pelo súbito encarecimento dos mesmos, problemas de aspecto cultural pela perda da identidade local, bem como problemas relativos à segurança e risco ao conviver com a rodovia.

Se por um lado as políticas de transporte são hoje mais complexas que no passado, por outro lado a sociedade pode contar um volume superior de informações que abrangem perspectivas antes inexistentes nos processos de tomada de decisão, como por exemplo, as considerações ambientais (NOBREGA *et al*., 2009). Nota-se na atual arquitetura dos processos de planejamento de transporte a ausência de um procedimento pivô responsável pela interlocução entre as perspectivas *top-down* e *bottom-up*, como proposto em STICH *et al*. (2011). Nota-se também a necessidade de lançar mão de metodologias que integrem informações no espaço e no tempo para compilação de cenários geográficos preditivos no intuito de aperfeiçoar estudos de viabilidade e predição da sustentabilidade ambiental e econômica futura da infraestrutura proposta para além das tradicionais análises de despesas de capital (CAPEX) e de despesas operacionais (OPEX) (DARAIO *et al.*, 2016; VERBRUGGE *et al.*, 2006).

MODELAGEM GEOGRÁFICA EM TRANSPORTES

A abordagem da hierarquia de mitigação, amplamente discutida e difundida na Ecologia de Transportes sintetiza e organiza as ações mitigatórias em 4 estágios: compensação, restauração, minimização e evitamento (TEIXEIRA *et al*. 2020). O estágio compensatório é o menos desejado, posto que nesta etapa o dano é irreversível e a ação jurídica geralmente é direcionada para outras áreas ou soluções ainda pendentes. Por sua vez, o evitamento é o estágio no qual procura-se encontrar soluções que não perturbem a fauna e a flora locais, o que só é possível se as considerações ambientais fizeram parte do planejamento de transportes desde sua fase inicial. O evitamento tem sido o foco das contribuições do Transportation Research & Environmental Modeling (TREM/UFMG) para a Ecologia de Transportes através de pesquisas e capacitação em corredores de viabilidade e modelagem geográfica preditiva.

Os corredores de viabilidade surgem como uma ferramenta para apoiar o planejamento de transportes, promovendo o elo entre as perspectivas *top-down* e *bottom-up* antes que o projeto entre em fase de construção. Na prática, essa solução orienta o estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) dos projetos lineares através de mapas que concentrem as alternativas que minimizem simultaneamente o custo, o risco e os impactos, e maximizem a logística operacional e a sustentabilidade do empreendimento a longo prazo (NOBREGA *et al*., 2016). Sua concepção é um processo complexo que quase sempre envolve interesses antagônicos, e deve ocorrer ainda na fase inicial do planejamento. O desenvolvimento de corredores de viabilidade recorre a análise multicritérios e seu geoprocessamento a processos de álgebra de mapas (LEON *et al*.; 2020; FERREIRA JUNIOR *et al*., 2016; NOBREGA *et al*., 2016), conforme ilustra a Figura 2 para as camadas deste trabalho.

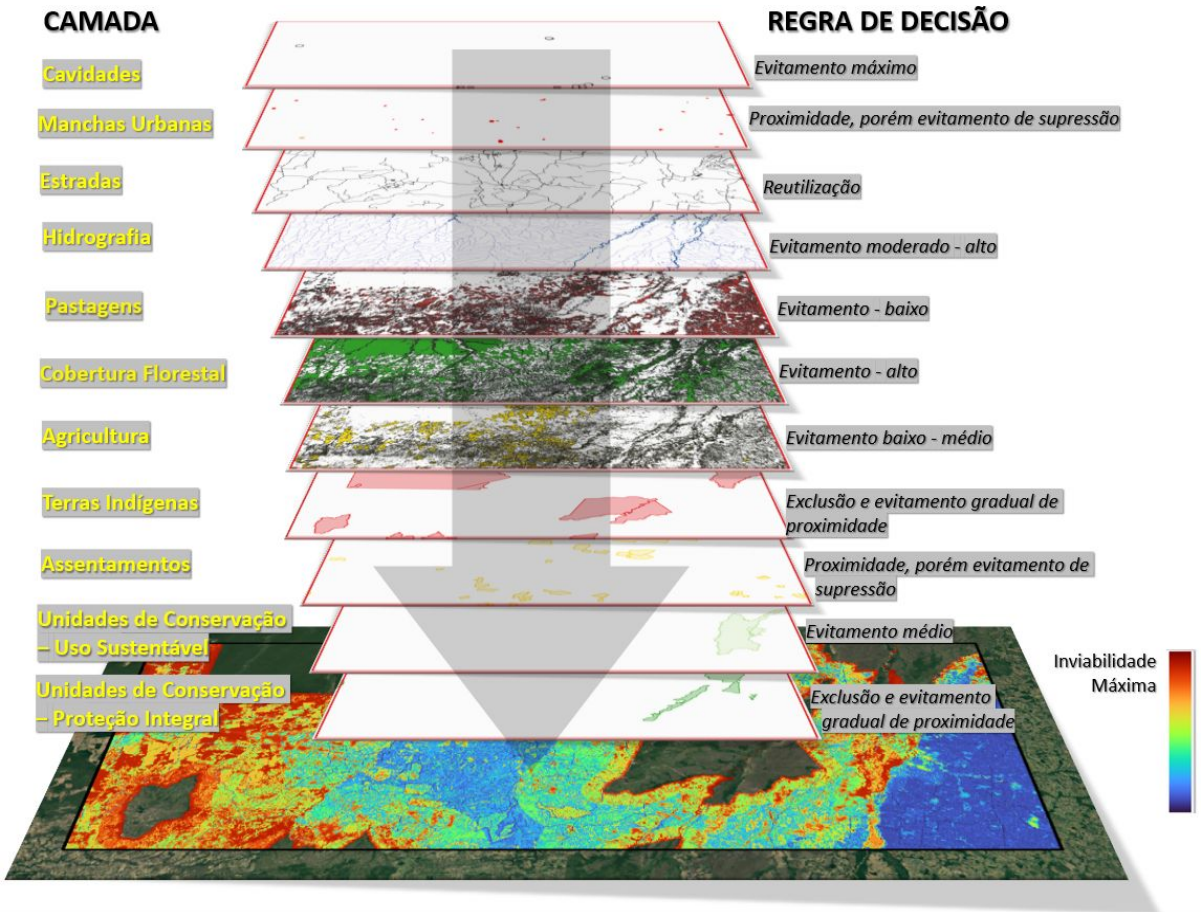


Figura 2 – Álgebra de mapas adotada para um dos cenários do estudo de corredores de viabilidade como alternativa para evitamento da proximidade e sobreposição no Parque Indígena do Xingú.

Já a modelagem geográfica preditiva tem como premissa o provimento de cenários futuros a partir do equacionamento de regras de transição computadas da dinâmica de transformação de fenômenos distribuídos no espaço e no tempo (SOARES-FILHO *et al*., 2006). Embora bastante difundido em estudos ambientais, seu emprego ainda é incipiente em aplicações de transporte (SOUZA *et al*., 2019; WALKER *et al*., 2013; SOARES-FILHO *et al*., 2004). Em essência, o processo, também denominado como modelagem espacialmente explícita, recorre a dados geográficos como mapas de cobertura e uso do protocolo em pelo menos, dois períodos distintos para o cálculo da matriz de transição, de modo a quantificar as mudanças de classe ocorridas no período. Uma vez conhecidas as transições, são calculados os pesos de evidência, partindo da premissa de que as variáveis são independentes, e consequentemente obtêm-se estimativas de probabilidade de transição entre diferentes classes de uso e ocupação do solo. Em geral, utilizam-se

dados pretéritos para que seja possível a validação do modelo em campo após a predição do cenário atual. A técnica em geral é capaz de produzir cenários futuros, porém é imprescindível saber que a confiabilidade do modelo decai em função da longevidade do período a ser analisado.

ALTERNATIVA PARA ALIVIAR A PRESSÃO AO SUL DO PARQUE INDÍGENA DO XINGÚ

Nesta seção é apresentada uma síntese da implementação da modelagem geográfica por corredores de viabilidade para proposição de alternativas os segmentos rodoviários da BR-080 e BR-242 (Figura 3), de interesse do Governo Federal para atendimento a crescente demanda e intensificação do agronegócio no Mato Grosso. Tratam-se de dois segmentos ainda inexistentes em uma área ultrassensível de transição entre os biomas cerrado e amazônico e que sofre forte pressão para abertura de terras, frente à crescente demanda da expansão agrícola. A área inclui o Parque Indígena do Xingú e outras terras indígenas, além de unidades de conservação e assentamentos fundiários, entre outros.

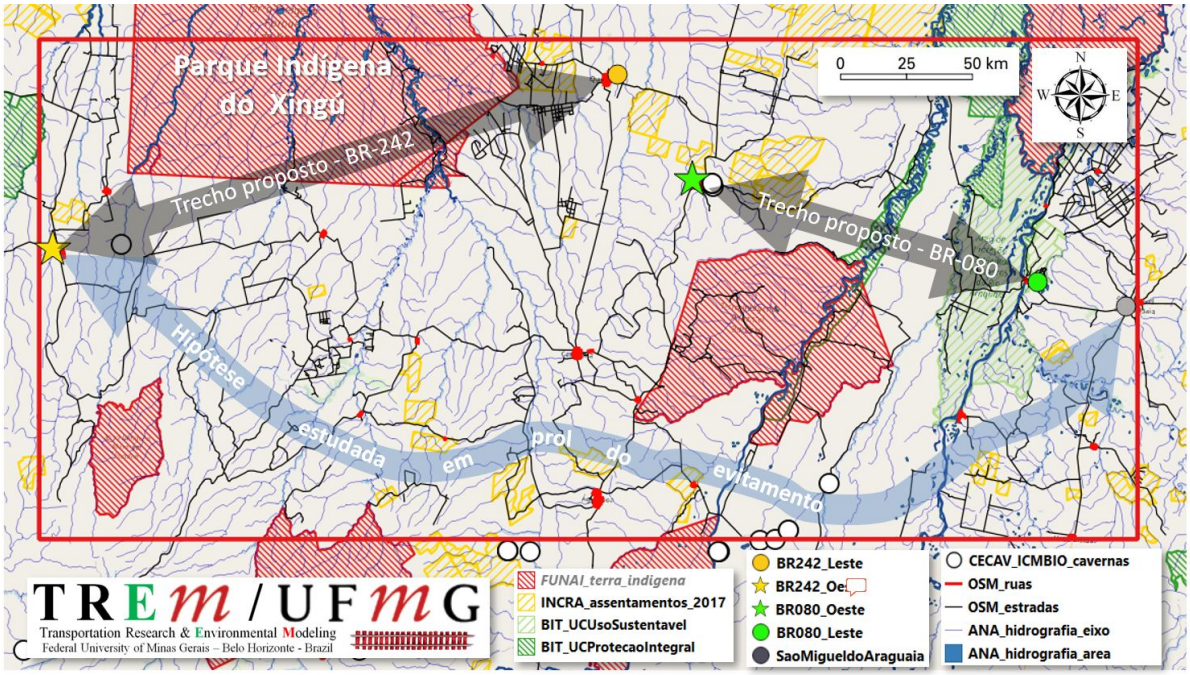


Figura 3 – Mapa de localização da área incluindo o Parque Indígena do Xingú-MT e as respectivas infraestruturas viárias propostas pelo Governo Federal.

Para o estudo foram utilizados somente dados públicos e ferramentas livres. Não foram utilizados dados demográficos, econômicos, produção agrícola, volume de água ou volume de veículos, posto que nesta fase o estudo remete a viabilidade para proposição de infraestrutura ainda inexistente, etapa conhecida como *green field*. A metodologia recorreu a análise multicriterial e os pesos de participação de cada variável foi definido por Delphi através de consulta a literatura e a especialistas. Foram analisados 3 cenários distintos, sendo o primeiro com viés conservador, consequentemente priorizando o evitamento às variáveis referentes a vulnerabilidade socioambiental, um segundo cenário mais voltado à reutilização de vias existentes e proximidade ao agronegócio em detrimento das condicionantes de vulnerabilidade socioambiental, e, por fim, um terceiro cenário balanceado. A Tabela 1 sintetiza a participação de cada variável no modelo.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas no modelo, fonte, tipo de dado e ponderação nos três cenários.

Variável	**Fonte**	**Tipo de Dado**	**Peso1**	**Peso2**	**Peso3**
Terra Indígena	INCRA	Categórico	0,249	0,151	0,05
Unidade Conservação - Proteção Integral	ICMBio	Categórico	0,133	0,118	0,047
Unidade Conservação - Proteção Integral	ICMBio	Categórico	0,093	0,053	0,022
Cavidades	CECAV	Categórico	0,229	0,065	0,04
Área Urbana	IBGE e Open Street Map	Categórico	0,033	0,066	0,092
Assentamentos Rurais	INCRA	Categórico	0,064	0,084	0,083
Hidrografia	ANA	Categórico	0,058	0,083	0,093
Estradas Existentes	Open Street Map	Categórico	0,025	0,118	0,251
Cobertura do Solo - Agricultura	MapBiomas 2019	Categórico	0,02	0,125	0,122
Cobertura do Solo - Floresta	MapBiomas 2019	Categórico	0,059	0,059	0,033
Cobertura do Solo – Pastagem	MapBiomas 2019	Categórico	0,012	0,014	0,034
Declividade do Terreno	USGS	Contínuo	0,012	0,062	0,108
Preço da Terra	CSR/UFMG	Contínuo	0,013	0,025	0,024

A preparação dos dados foi desenvolvida na Plataforma QGIS, assim como a composição final dos mapas para a visualização. A modelagem, incluindo o processamento das superfícies de distância para atração e repulsão, superfícies de esforço e o corredor (Figura 4) foi desenvolvida no Dinamica-EGO, metodologia que pode ser vista em LEON *et al.* (2020) e NOBREGA *et al*. (2016,

2009). Os resultados do modelo foram analisados quando as métricas como comprimento, quantidade de travessias de cursos d'água e intersecção em áreas protegidas e sensíveis (Tabela 2).

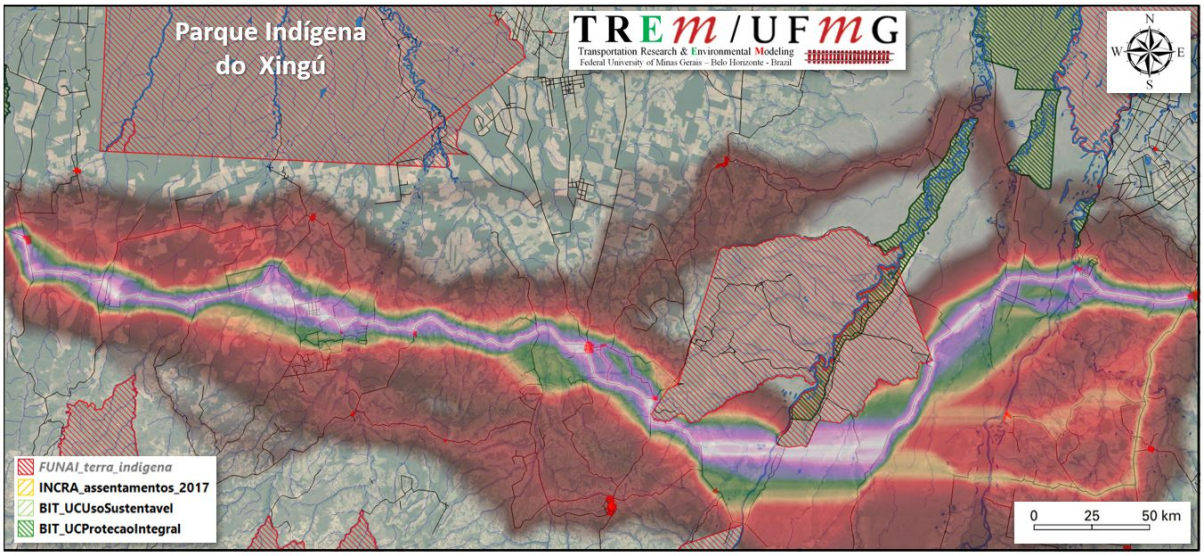


Figura 4 – Corredor de viabilidade resultante do cenário balanceado, calculado como alternativa a proposição dos segmentos BR-080 e BR-242.

Tabela 2 – Métricas resultantes dos corredores estudados, incluindo intersecção em áreas sensíveis.

Alternativas	Extensão	Reuso de Vias	Floresta	Agricultura	Pastagem
1 - Ambiental	508,9 km	98,1 km	94,9 km	69,4 km	116,4 km
2 - Agro/Infra	544,3 km	412,7 km	204,2 km	107,4 km	224,7 km
3 - Balanceado	528,1 km	308,1 km	98,2 km	102,2 km	208,1 km

Alternativas	Assentamento Rural	UCPI	UCUS	Terra Indígena	Rios
1 - Ambiental	8,5 km	0,0 km	38,2 km	0,0 km	40
2 - Agro/Infra	0,0 km	0,0 km	45,9 km	0,0 km	33
3 - Balanceado	0,0 km	0,0 km	50,2 km	0,0 km	43

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA FERROGRÃO NO PARQUE INDÍGENA DO XINGÚ

SOUZA *et al*. (2019) aponta a existência de uma lacuna na literatura referente a investigar a influência de infraestruturas ferroviárias de transporte de carga nas mudanças de uso e cobertura do solo em escala regional, e que os trabalhos existentes estão voltados a influência do transporte ferroviário de carga na economia regional. Os efeitos diretos e indiretos da alteração no padrão de cobertura e uso do solo, como por exemplo, a indução de novas frentes agrícolas ou a intensificação do uso de estradas regionais de pequeno porte para mobilidade de cargas estão dentre os problemas que podem ser investigados a partir da modelagem geográfica preditiva.

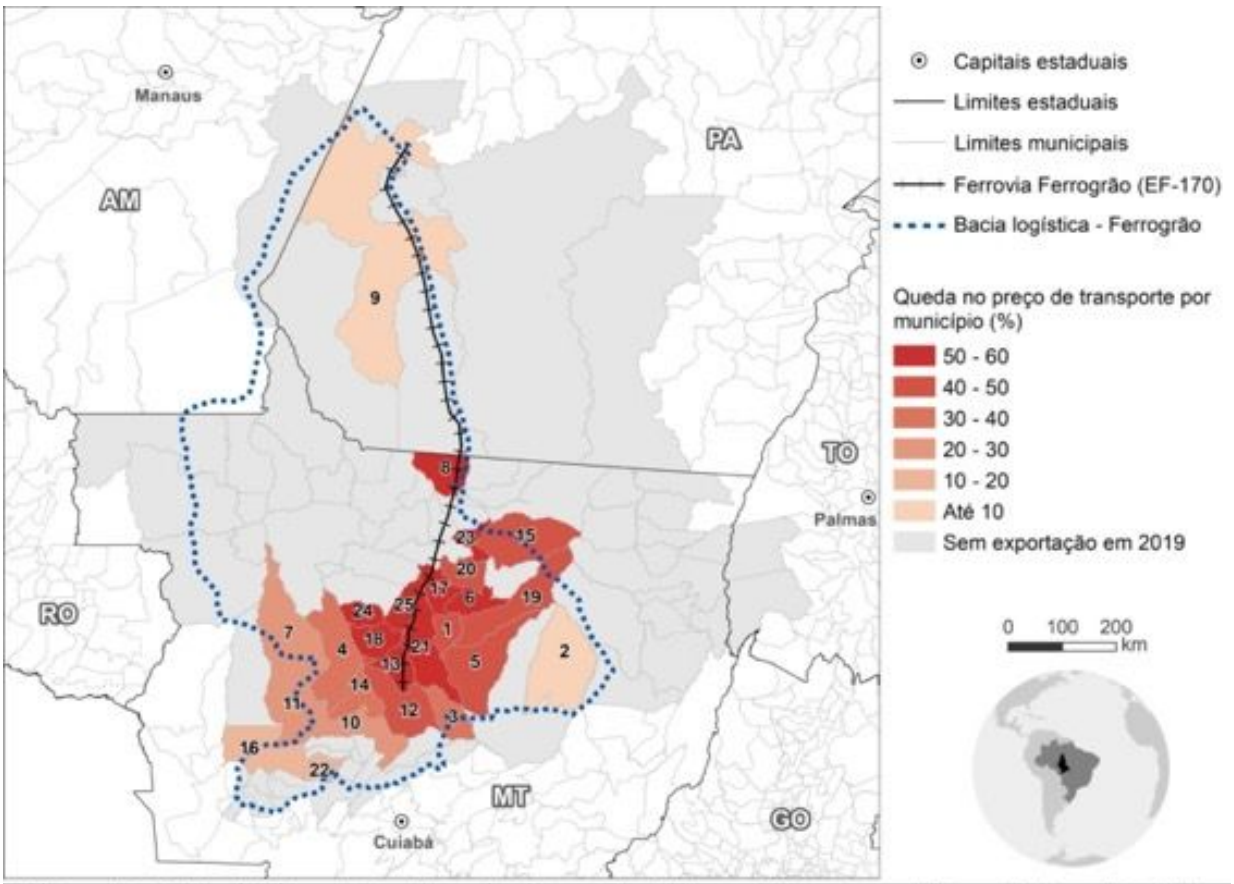
A logística de escoamento de cargas nas novas fronteiras agrícolas localizadas nas regiões Norte e Centro-Oeste passou por mudanças nos últimos anos, na medida em que a expansão agrícola tem crescido na direção norte do estado do Mato Grosso. A pavimentação ou abertura de novas estradas e ferrovias na Amazônia, potencializadas pelas recentes flexibilizações nas exigências de licenciamento ambiental está impulsionando uma nova fase de taxas aceleradas de desmatamento e alguns dos fortes impactos socioeconômicos e ambientais já são percebidos além da região amazônica.

No contexto dos gargalos logísticos, o projeto de implantação da ferrovia EF-170 (Ferrogrão) tem o potencial de reduzir os custos de frete. Porém, a instalação e operação da ferrovia estimula o aumento da produção de grãos em toda a região (ISA, 2018), sendo a premissa dessa investigação antecipar a abrangência do impacto nas diversas áreas protegidas, entre elas terras indígenas e unidades de conservação. Neste sentido, o estudo aqui sintetizado apresenta os resultados de um modelo capaz de calcular a eficiência econômica do sistema através de simulação de cenários posteriores à implantação da Ferrogrão e de suas áreas de influência direta e indireta.

O trabalho empregou dados extraídos das bases de infraestrutura de transporte da Empresa de Planejamento e Logística (EPL) e os projetos previstos no PNLT 2010, além das bases de Áreas Protegidas e limites estaduais do IBGE. Para a modelagem foi utilizado a plataforma Dinâmica EGO. A modelagem dos cenários com a inclusão da Ferrogrão em sua forma originalmente proposta aponta uma redução do custo acumulado de transporte que pode chegar a até 60% (Figura 5) em 25 municípios. Se for incluído um ponto de transbordo no município de Matupá esta redução pode alcançar 34 municípios. (Figura 6).

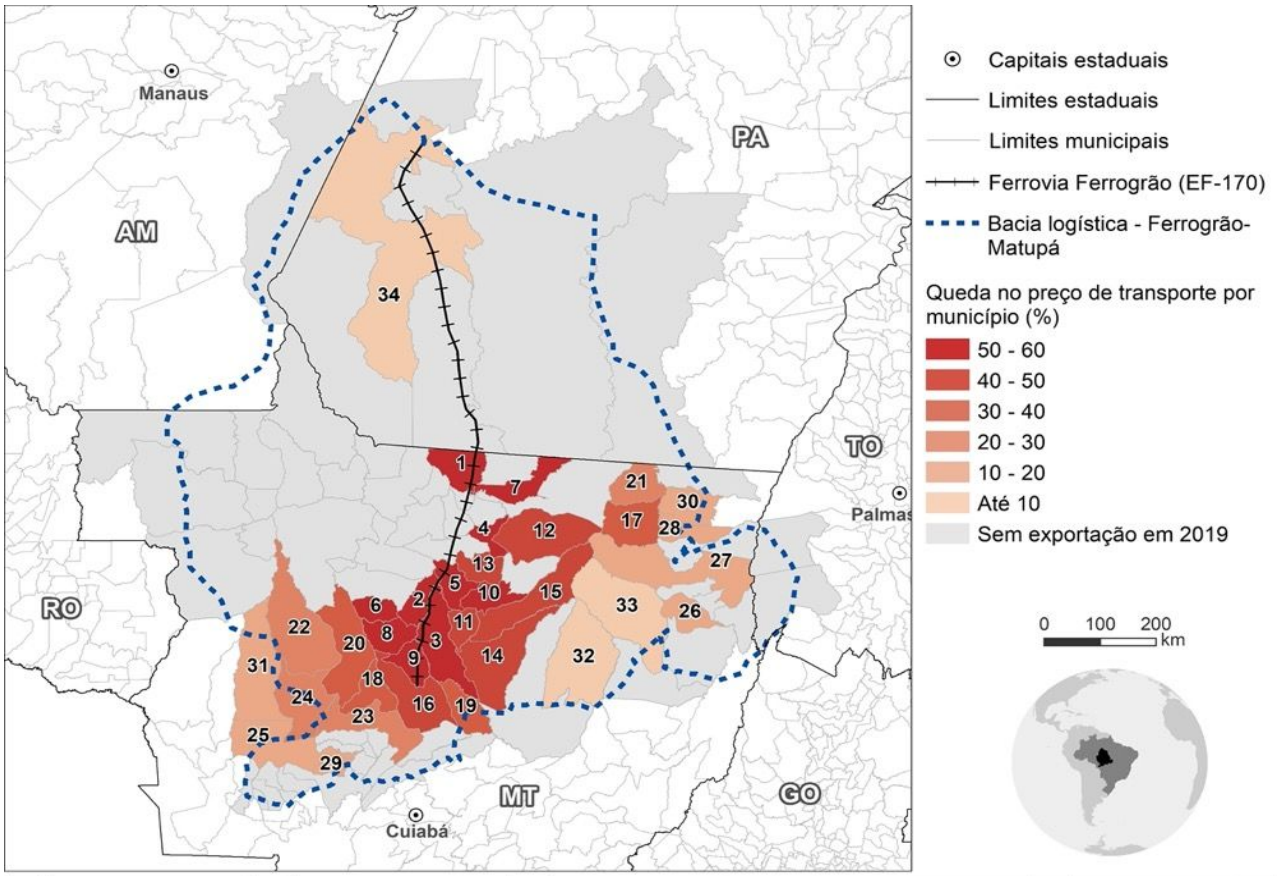
O modelo indica que o potencial ganho econômico ao inserir um terminal intermediário de carga no meio da ferrovia é substancial, contudo, revela cenário de exposição de extensas áreas de

pastagem e naturais a leste do Parque Indígena do Xingú que potencialmente serão convertidas em agricultura. A inclusão do terminal intermediário em Matupá tem como consequência a alteração da dinâmica de transporte na região do Parque Nacional do Xingú. Os resultados mostram um aumento no tráfego de caminhões em rodovias secundárias que não apresentavam fluxo de carga de granéis agrícolas nos cenários base e cenário Ferrogrão: MT-322, MT-430, MT-208, MT-338, MT-170 e BR-325 (Figura 7).



Nº	Nome do Município	Nº	Nome do Município	Nº	Nome do Município	Nº	Nome do Município	Nº	Nome do Município
1	Vera	6	Santa Carmem	11	Campo Novo do Parecis	16	Tangará da Serra	21	Sorriso
2	Gaúcha do Norte	7	Brasnorte	12	Nova Mutum	17	Sinop	22	Nova Olímpia
3	Santa Rita do Trivelato	8	Novo Mundo	13	Lucas do Rio Verde	18	Tapurah	23	Nova Santa Helena
4	Nova Maringá	9	Itaituba	14	São José do Rio Claro	19	Feliz Natal	24	Itanhangá
5	Nova Ubiratã	10	Diamantino	15	Marcelândia	20	Cláudia	25	Ipiranga do Norte

Figura 5 – Simulação dos municípios alcançados pela queda do preço do transporte pela Ferrogrão.



Nº	Nome do Município	Nº	Nome do Município	Nº	Nome do Município	Nº	Nome do Município	Nº	Nome do Município
1	Novo Mundo	8	Tapurah	15	Feliz Natal	22	Brasnorte	29	Nova Olímpia
2	Ipiranga do Norte	9	Lucas do Rio Verde	16	Nova Mutum	23	Diamantino	30	Confresa
3	Sorriso	10	Santa Carmem	17	São José do Xingu	24	Campo Novo do Parecis	31	Sapezal
4	Nova Santa Helena	11	Vera	18	São José do Rio Claro	25	Tangará da Serra	32	Gaúcha do Norte
5	Sinop	12	Marcelândia	19	Santa Rita do Trivelato	26	Bom Jesus do Araguaia	33	Querência
6	Itanhangí	13	Cláudia	20	Nova Maringí	27	São Félix do Araguaia	34	Itaituba
7	Matupí	14	Nova Ubiratú	21	Santa Cruz do Xingu	28	Porto Alegre do Norte		

Figura 6 – Simulação dos municípios alcançados pela queda do preço do transporte pela Ferrogrão com a introdução do terminal de cargas de Matupá-PA, que amplia a macrobacia logística para leste do Parque Indígena do Xingú.

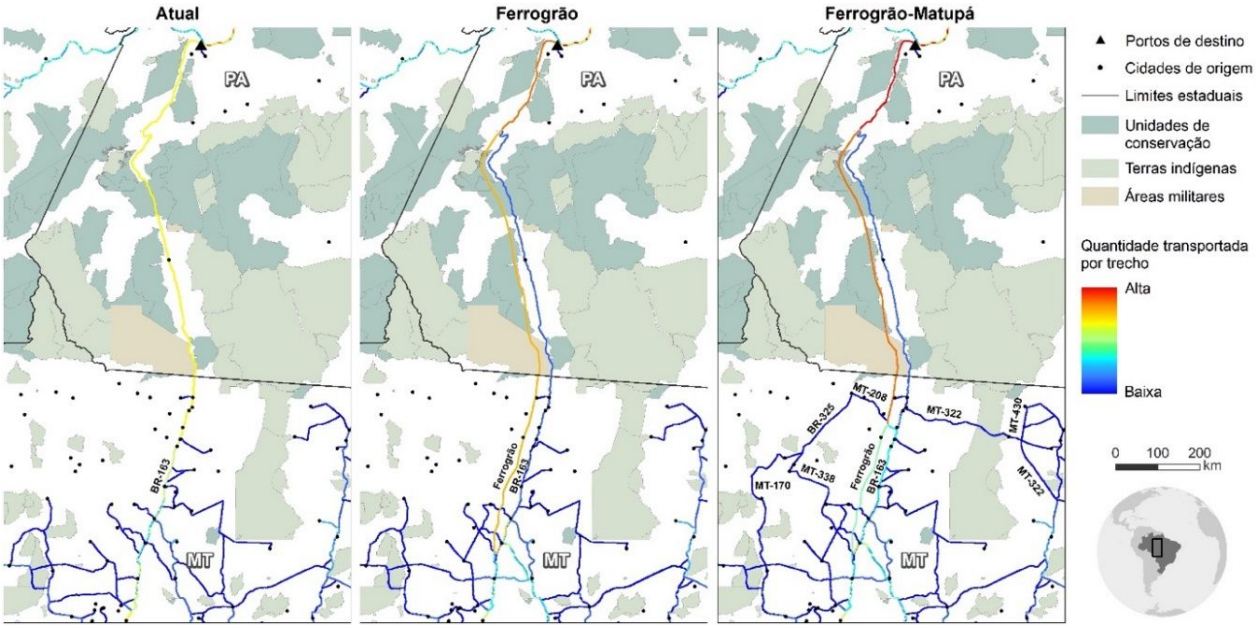


Figura 7 – Predição do aumento do tráfego de caminhões nas estradas do entorno do Parque Indígena do Xingú que ocorrerá com a operação do terminal de cargas de Matupá da Ferrogrão.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados comprovam a eficiência da modelagem geográfica como instrumento imprescindível no planejamento de transportes. O estudo de alternativas à proposição dos segmentos da BR-080 e BR-242 demonstrou que é possível e racional optar pela escolha de uma diretriz ao sul que, não somente se afaste do Parque Indígena do Xingú e consequentemente reduza o impacto nas cabeceiras dos rios que alimentam a reserva extrativista, mas também crie um corredor logístico que não eleve a pressão antrópica pela conversão de áreas naturais e pastos da região em agricultura extensiva. O modelo preditivo demonstra que a área de influência da Ferrogrão será bem maior que o inicialmente estimado, e que o volume de caminhões a transitar nas pequenas vias da região, incluindo a MT-322 e áreas a leste do Parque será superior ao previsto com a inclusão de terminais de carga intermediários na Ferrogrão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. Planejamento governamental: a SUDECO no espaço mato-grossense, contexto, propósitos e contradições. **Tese**. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 323 p., 2001. DOI: https://doi.org/10.11606/T.8.2001.tde-28022002-232232

BEIMBORN, E.; PUENTES, R. Highways and transit: Leveling the playing field in Federal Transportation Policy. Pp. 1-20. In: **The Brookings Institution series on transportation reform**. Transportation Reforms Series. Washington, D.C.: The Brookings Institution, 2003. Disponível em: https://www.brookings.edu/research/highways-and-transit-leveling-the-playing-field-in-federal-transportation-policy/. Acesso em: 3/02/2023.

BORDA-DE-ÁGUA, L.; BARRIENTOS, R.; BEJA, P.; PEREIRA, H. M. **Railway Ecology**. Springer, 320 p., 2017. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-57496-7. Acesso em: 3/02/2023.

BRITO, D. C. SUDAM e a crise de modernização forçada; reforma do estado e sustentabilidade na Amazônia. **Ambiente e Sociedade**, v. 8, p. 69-90, 2001. DOI: 10.1590/s1414-753x2001000800005

BRONKHORST, A. E. O Plano Nacional de Viação de 1973 e o Plano Nacional de Logística e Transporte: a mudança no planejamento viário brasileiro. **Dissertação**, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 131 p., 2010.

DARAIO, C.; DIANA, M.; DI COSTA, F., LEPORELLI, C.; MATTEUCCI, G.; NASTASI, A. Efficiency and effectiveness in the urban public transport sector: A critical review with directions for future research. **European Journal of Operational Research**, v. 248, n. 1, p. 1-20, 2016. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.05.059

FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho highway and the potential impact of linking the arc of deforestation to central Amazonia. **Environ. Manag.**, v. 38, p. 705-716, 2006. DOI: 10.1007/s00267-005-0295-y. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/6803490_BR-319_Brazil's_Manaus-Porto_Velho_Highway_and_the_Potential_Impact_of_Linking_the_Arc_of_Deforestation_to_Central_Amazonia . Acesso em: 3/02/2023.

FERREIRA JUNIOR, J. I.; NOBREGA, R. A. A.; OLIVEIRA, L. K. Geographic data modeling to define alternative transport corridors to bypass the Metropolitan Region of Belo Horizonte: comparative scenarios. **Revista do Tribunal de Contas da União**, v. 137, p. 1-10, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315810692_Geographic_data_modeling_to_define_alternative_transport_corridors_to_bypass_the_Metropolitan_Region_of_Belo_Horizonte_comparative_scenarios. Acesso em: 3/02/2023.

IBISCH, P. L.; HOFFMANN, M. T.; KREFT, S.; PE'ER, G.; KATI, V.; BIBERFREUDENBERGER, L.; DELLA SALA, D. A.; VALE, M. M.; HOBSON, P. R.; SELVA, N. A global map of roadless areas and their conservation status. **Science**, v. 354, n. 6318, p. 1423-1427, 2016. DOI: 10.1126/science.aaf7166. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311667612_A_global_map_of_roadless_areas_and_their_conservation_status. Acesso em: 3/02/2023.

ISA – INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. Os impactos da construção da EF 170 – Ferrogrão. **Comissão de Direitos Humanos. Senado da República**. Brasília, 2018. Disponível em: https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/132707. Acesso em: 3/02/2023.

LEON, M. B.; NOBREGA, R. A. A.; COSTA, W. L. S. Una perspectiva ambiental en el planeamiento de la ferrovía bioceánica: modelamiento cuantitativo de escenarios. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, v. 11, p. 444-468, 2020. DOI: 10.6008/cbpc2179-6858.2020.003.0035

MÖLLER, J.; ZIERER, M. Autobahn and jobs, a regional study using historical instrumental variables. **Journal of Urban Economics**, v. 103, p. 18-33, 2018. DOI: 10.1016/j.jue.2017.10.002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321420358_Autobahns_and_jobs_-_A_regional_study_using_historical_instrumental_variables_Open_Access. Acesso em: 3/02/2023.

NOBREGA, R. A. A.; VIEIRA, R. R. T.; BERBERIAN, C. F. Q.; MASUKAWA, N.; QUADROS, E. A. T. Inteligência geográfica para avaliação de propostas de projeto de concessão de corredores ferroviários. **Transportes**, v. 24, p. 75-84, 2016. DOI: 10.14295/transportes.v24i4.1077

NOBREGA, R. A. A.; STICH, B. Towards the long-term recovery in Mississippi: Understanding the impact of transportation system for economic resilience. **Journal of Leadership and Management**, v. 12, n. 4, p. 21-35, 2012. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000184. Acesso em: 3/02/2023.

NOBREGA, R. A. A.; O'HARA, C.G.; SADASIVUNI, R.; DUMAS, J. Bridging decision-making process and environmental needs in corridor planning. **Management of Environmental Quality**, v. 20, p. 622-637, 2009. DOI: 10.1108/14777830910990744. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232423471_Bridging_decision-making_process_and_environmental_needs_in_corridor_planning. Acesso em: 3/02/2023.

SANTOS, L. A.; NOBREGA, R. A. A. Modelagem geográfica explícita na predição de cenários de supressão de vegetação induzidas por rodovia. Em: Santos, F. (org.) **Geografia no Século XXI**, Editora Poisson, v. 8, p. 28-35, 2022. DOI: 10.36229/978-65-5866-200-6

SEMAN, C. Breve histórico sobre a evolução do Planejamento Nacional de Transportes. **DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Belo Horizonte, p. 33, 2010.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D.; CURRAN, L.; VOLL, E.; CERQUEIRA, G.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESDINGER, P. Modeling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, p. 520-523, 2006. DOI: 10.1038/nature04389. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/7224027_Modelling_Conservation_in_the_Amazon_Basin. Acesso em: 3/02/2023.

SOARES-FILHO, B. S.; ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; CERQUEIRA, G.; DIAZ, M. D. C.; SOLÓZARNO, L.; VOLL, E. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon Highway: The Santarém-Cuiabá corridor. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 745-764, 2004. DOI: 10.1111/j.1529-8817.2003.00769.x

SOUZA, I. N. P.; RIBEIRO, S. C.; NOBREGA, R. A. A. O papel das infraestruturas ferroviárias nas mudanças de uso e cobertura do solo no MATOPIBA. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 38, p. 123-136, 2019. DOI: 10.11606/rdg.v38i1.149574

STICH, B.; HOLLAND, J.; NOBREGA, R. A. A.; O'HARA, C. Using multi-criteria decision making to highlight stakeholder's values in the corridor planning process. **Journal of Transport and Land Use**, v. 4, n. 3, p. 105-118, 2011. DOI: https://doi.org/10.5198/jtlu.v4i3.171

TEIXEIRA, F. Z.; GONCALVES, L. O.; BIASOTTO, L. D.; NOBREGA, R.A.A.; KINDEL, A. Ferramentas geográficas para análise e mitigação de impactos ambientais causados por infraestruturas viárias de transporte terrestre. In: Thaise Sutil; Jori Ramos Pereira; Nilzo Ico Ladwig; Jairo José Zocche; Jader Lima Pereira. (org.). **Geoprocessamento na análise ambiental**. 1 ed., Florianópolis: UNESC, v. 1, p. 217-251, 2020. DOI: 10.18616/geop08

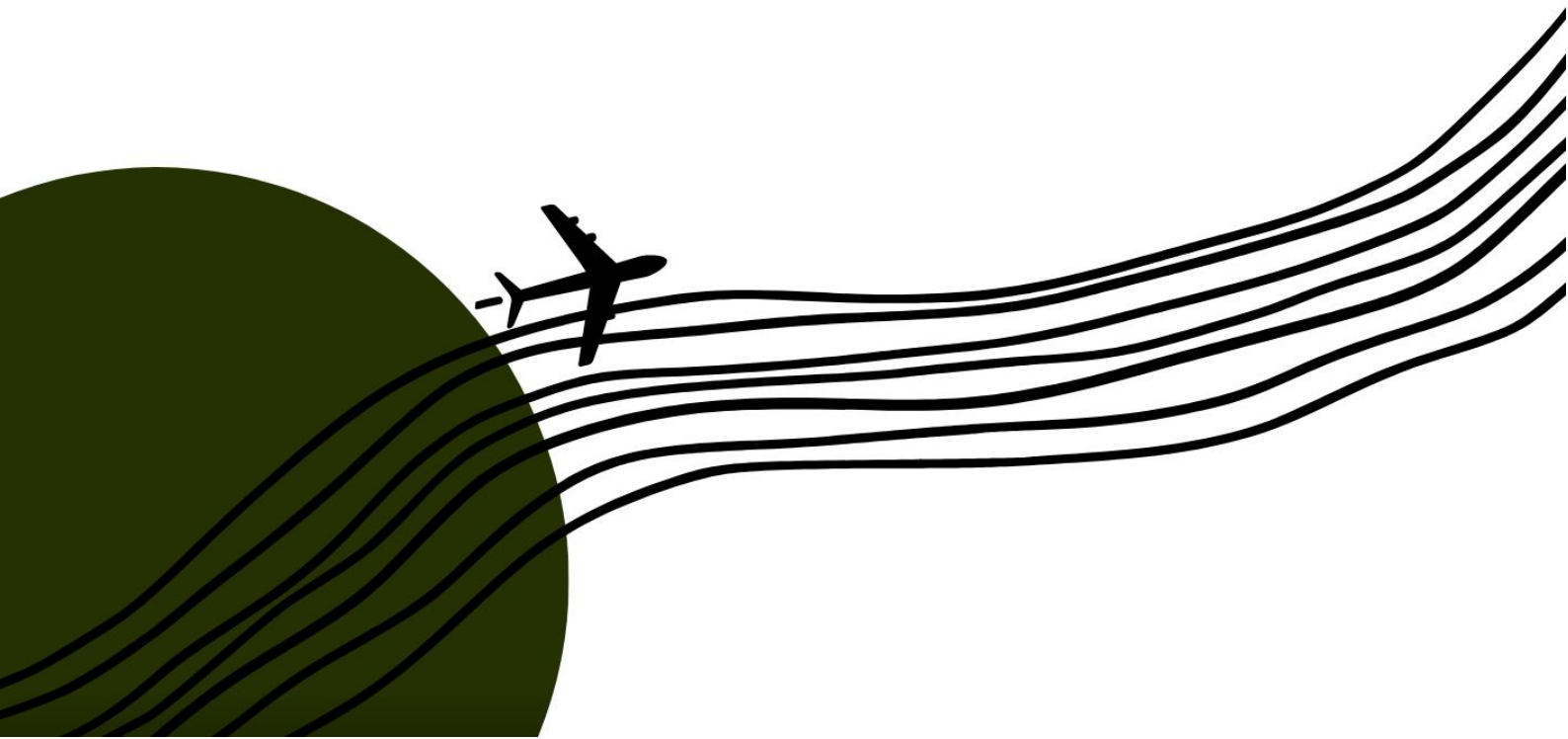
TISLER, T. R.; TEIXEIRA, F. Z.; NOBREGA, R. A. A. Conservation opportunities and challenges in Brazil ´s roadless and railroad-less areas. **Science Advances**, v. 9, n. 9, p. 1-13, 2022. DOI: 10.1126/sciadv.abi5548

VERBRUGGE, S.; COLLE, D.; PICKAVET, M; DEMEESTER, P.; PASQUALINI, S.; ISELT, A.; KIRSTÄDTER, A.; HÜLSERMANN, R.; WESTPHAL, F.-J.; JÄGER, M. Methodology and input availability parameters for calculating OpEx and CapEx costs for realistic network scenarios. **Journal of Optical Networking**, v. 5, n. 6, p. 509-520, 2006. DOI: 10.1364/JON.5.000509

WALKER, R; ARIMA, E.; MESSINA, J.; SOARES-FILHO, BRITALDO; PERZ, S.; VERGARA, D.; SALES, M.; PEREIRA, R.; CASTRO, W. Modeling spatial decisions with graph theory: logging roads and forest fragmentation in the Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, v. 23, p. 239-254, 2013. DOI: 10.1890/11-1800.1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236050060_Modeling_spatial_decisions_with_graph_theory_Logging_roads_and_forest_fragmentation_in_the_Brazilian_Amazon. Acesso em: 3/02/2023.

ZELLER, T. **Driving Germany: the landscape of the German autobahn**. Berghahn, New York, 289 p., 2007.

IMPACTO DA AVIAÇÃO NA FAUNA



IMPACTO DA AVIAÇÃO NA FAUNA

Panorama Geral do Impacto da Aviação na Fauna
Mariane Rodrigues Biz Silva, Renata Duarte Alquezar, Moisés Alves de Araújo Jr.

Gerenciamento de Risco de Fauna em Aeródromos
Weber Galvão Novaes, Mariane Rodrigues Biz Silva, Jaqueline Cristina de Bem e Vivian de Siqueira Dutra

PANORAMA GERAL DO IMPACTO DA AVIAÇÃO NA FAUNA

Mariane Rodrigues Biz Silva[*], *Renata Duarte Alquezar*[**] *e Moisés Alves de Araújo Jr.*[***]

[*] ProHabitat Assessoria Ambiental

[**] Universidade de Brasília

[***] Aeroportos Brasil

Assim como em qualquer outra atividade humana, a aviação impacta a fauna negativamente. Na operação dos aeroportos, essa interferência acontece de maneira indireta e direta. Na primeira via, podemos considerar todos os aspectos ambientais envolvendo um aeroporto, desde as alterações que são feitas no manejo do solo até a emissão de efluentes sanitários. No impacto[34] direto, relacionado à movimentação das aeronaves, estão as colisões com os veículos voadores e a poluição sonora (Figura 1).

Durante o processo de licenciamento ambiental dos empreendimentos, a atenção a maior parte dos impactos indiretos na fauna já é consolidada. O rito do licenciamento em aeroportos regionais, por exemplo, deve seguir a Resolução CONAMA nº 470, de 2015[35], e considerar o Relatório de Áreas Sensíveis de Espécies Ameaçadas de Extinção Relacionadas a Aeroportos[36] (ICMBIO, 2016), para determinar os estudos ambientais a serem exigidos. Então, podemos entender que a avaliação dos impactos indiretos de um aeroporto sobre a fauna já são (ou deveriam ser), há anos, informados e mitigados.

[34] Observação: neste texto, a palavra "impacto" será usada no sentido negativo.

[35] Disponível em https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/32424828/Imprns_Nacional. Acesso em 11 de agosto de 2023.

[36] Disponível em https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios/relatorio_esps_ameacadas_e_aeroportos.pdf. Acesso em 11 de agosto de 2023.

Por outro lado, a preocupação com os impactos diretos na fauna, durante a operação das aeronaves, é recente e precisa ser bem compreendida e gerida. Assim, focaremos nos aspectos ambientais de influência negativa direta sobre a fauna, como: colisões com aeronaves e ruído aeronáutico.

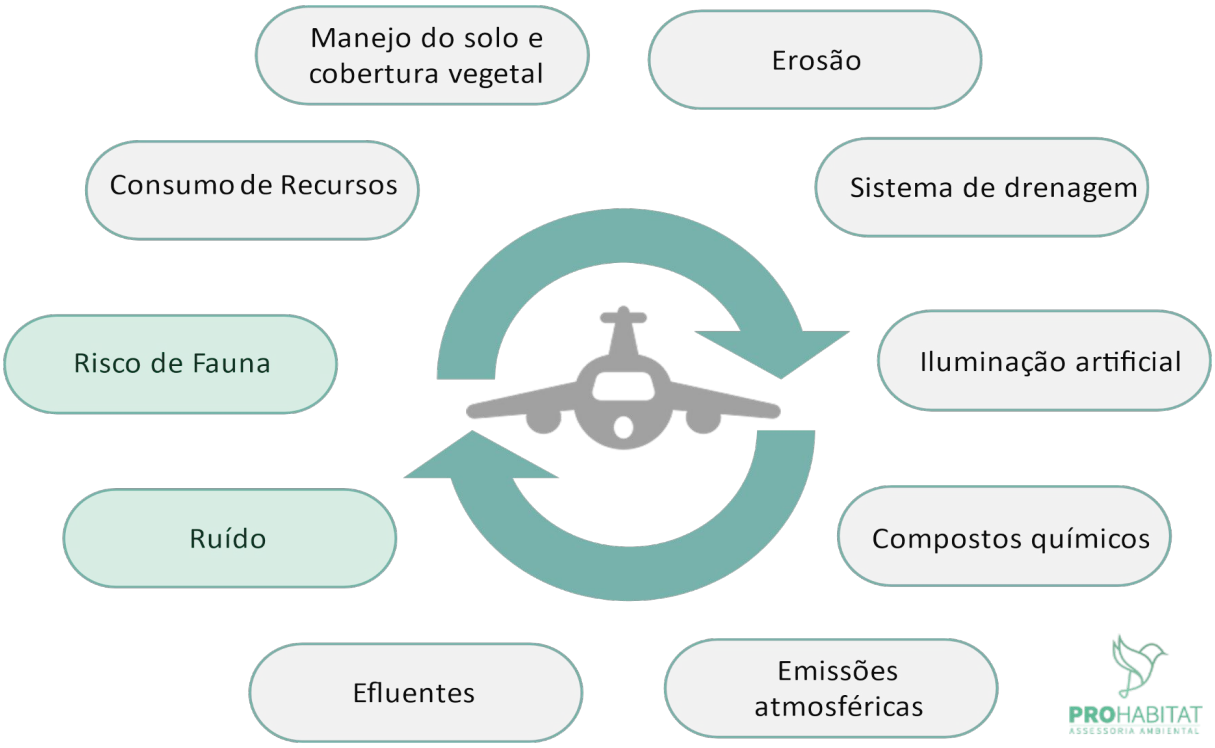


Figura 1 – Aspectos ambientais relacionados à aviação. Legenda: em cinza são os impactos indiretos sobre a fauna e em verde-claro são os impactos diretos sobre a fauna.

O risco de ocorrer uma colisão entre uma aeronave e um animal é, atualmente, conhecido como "Risco de Fauna" no Brasil. Essa mesma temática tinha outro nome há mais ou menos 10 anos: "perigo aviário". A alteração da designação se deu por conta de um melhor entendimento a respeito do assunto e, consequentemente, adotou-se uma terminologia mais precisa.

Segundo a Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 63-26, de 2010[37], perigo é:

> "qualquer condição, potencial ou real, que possa causar dano físico, doença ou morte a pessoas; dano ou perda de um sistema, equipamento ou

[37] Disponível em https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-63-26. Acesso em 11 de agosto de 2023.

> propriedade, ou danos ao meio ambiente. Um perigo é uma condição que se constitui num pré-requisito para a ocorrência de um acidente ou incidente."[38]

Já o risco é definido, pelo mesmo documento, como:

> "possibilidade de perda ou dano, medida em termos de severidade e probabilidade. A possibilidade de um evento ocorrer e suas consequências, se efetivamente ocorrer".[39]

Com isso, como o trabalho envolve o gerenciamento de um risco a fim de mitigar a possibilidade de uma colisão, decidiu-se alterar o termo de "perigo" para "risco". No caso da nomenclatura "aviário", foi substituída por "fauna", já que as colisões são majoritariamente com aves, mas não exclusivamente com esse grupo faunístico. Há colisões, até significativas, que acontecem com répteis e mamíferos. Portanto, o termo "fauna" foi considerado mais acurado para tratar do assunto. Informa-se que as colisões com animais invertebrados não são consideradas nesse tema.

Esse mesmo movimento ocorreu em outras partes do mundo. Em documentos antigos, usando a língua inglesa, é possível identificar a palavra *birdstrike*. Hoje, o termo mais usado é *wildlife strike* ou *wildlife collision* e o nome para o tema é *wildlife hazard*. Uma observação relevante: é preciso tomar cuidado quando se menciona "Risco de Fauna" para quem é de fora do setor da aviação, já que pode ser entendido como algo relacionado ao impacto ambiental sobre a fauna de um modo geral e não ligado apenas ao setor aéreo.

Vale mencionar ainda que a motivação principal da aviação em atuar nesse assunto, especialmente até recentemente, não está relacionada à proteção da biodiversidade. As razões basais são: a segurança de voo e os custos envolvidos. Essa motivação pode ser até percebida nos diálogos dos profissionais da aviação (inclusive dos especialistas em fauna, com formação na área ambiental) que mencionam trechos, como: "colisão provocada pela fauna" e "espécies que são perigosas para aviação". Note que nessas falas as aeronaves são colocadas como ameaçadas pelos animais e não o contrário. O que é compreensível pelas possíveis consequências graves de uma colisão na vida dos

[38] MINISTÉRIO DA DEFESA, COMANDO DA AERONÂUTICA - DEPARTAMENTO DO CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. Gerenciamento do risco à segurança operacional no SISCEAB. p. 12. Disponível em: https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-63-26 Consulta em 22 de novembro de 2022.

[39] Ibid., p. 13.

passageiros, tripulação e pessoas em solo (lembrando também que há danos ambientais decorrentes da queda de uma aeronave).

O impacto de uma colisão com um animal, devido à alta velocidade das aeronaves, pode danificar estruturas da aeronave e afetar o voo. Em relação às questões financeiras, entre 2011 e 2020, foram gastos, em média, cerca de US$ 7 milhões a cada ano no Brasil (SANTOS; SOUZA, 2021) entre custos diretos (por exemplo, danos em partes da aeronave, com necessidade de reparo e/ou substituição de peças) e indiretos (por exemplo, cancelamento/atraso de voos e despesas com passageiros). Para 2021, em suas redes sociais, a Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR) publicou que as companhias aéreas associadas custearam R$ 110 milhões devido às ocorrências com a fauna. Ressalta-se que a ABEAR não representa todas as companhias brasileiras, a Azul Airlines, por exemplo, não é vinculada à organização.

O Brasil, como signatário da Organização Internacional da Aviação Civil (OACI), deve seguir as práticas estabelecidas por essa instituição. Em 1990, a OACI recomendou alguns procedimentos para os aeródromos, como: avaliar o risco, mitigar e eliminar focos de atração de fauna dentro e fora do sítio aeroportuário. Sendo que essas orientações, possivelmente, foram motivadoras do primeiro instrumento legal brasileiro específico a respeito do risco de fauna: a Resolução CONAMA nº 4, de 1995[40].

Contudo, o desenvolvimento do tema só foi de fato impulsionado no Brasil, após o acidente que ficou conhecido como o Milagre no Rio Hudson, em 2009, nos Estados Unidos da América. Nesse ano, a INFRAERO iniciou, em parceria com o Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília (CDT/UnB), o Programa Fauna nos Aeroportos Brasileiros, que foi um marco no desenvolvimento do risco de fauna e na capacitação de profissionais.

Em 2012, dois importantes instrumentos legais foram publicados: o PCA 3-2, do Comando da Aeronáutica; e, a Lei Federal nº 12.725[41]. Dois anos depois, em 2014, foi divulgado o primeiro regulamento específico da aviação civil quanto a gestão do risco de fauna: o RBAC 164[42] da Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC). Para comparação, nos EUA, o primeiro documento (*Advisory Circular*) sobre o tema da *Federal Aviation Administration* (FAA, similar a ANAC), data

[40] https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2017/04/CONAMA_RES_CONS_1995_004.pdf. Consultado em 4 de agosto de 2023.

[41] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12725.htm. Acesso em 11 de agosto de 2023.

[42] Disponível em https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2014/22/anexo-iii-2013-rbac-164 . Acesso em 11 de agosto de 2023.

de 1965. No próximo capítulo, exclusivo a respeito do gerenciamento de risco de fauna, há mais informações do histórico desse assunto.

Em relação à mortalidade dos espécimes envolvidos, o número de fatalidades é menor do que sabemos sobre rodovias. Contudo, não é inexpressivo e não deve ser desprezado. O cálculo da estimativa de quantidade dessas mortes, em similaridade às rodovias, não possui um consenso em como ser obtido. Porém, na aviação, temos um banco de dados nacional de reportes que oferece informações relevantes: o Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA[43]), coordenado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA[44]).

Entre 2011 e 2020, segundo o anuário do CENIPA, foram reportadas mais de 20 mil colisões com fauna (SANTOS; SOUZA, 2021). Considerando que a taxa de mortalidade dos animais é alta nessas ocorrências, podemos assumir que ao longo desse período, tivemos, no mínimo, 2 mil vidas de vertebrados perdidas a cada ano no Brasil. Esse valor é dito como "no mínimo" porque há uma subnotificação dos eventos de colisão.

Em relação as espécies envolvidas reportadas, mais de 90% são de aves, sendo as mais comuns: quero-quero (*Vanellus chilensis*, 32,5%), caracará (*Caracara plancus*, 13%) e urubus (Família Cathartidae, 6,4%) (SANTOS; SOUZA, 2021). A partir dessa informação, pode-se inferir que não há o envolvimento significativo de espécies com algum grau de ameaça de extinção. Contudo, 47% dos reportes não tiveram a espécie identificada no período de 2011 a 2020 (SANTOS; SOUZA, 2021). Assim, quaisquer conclusões sobre a dimensão do impacto da aviação sobre grupos taxonômicos ameaçados não são acuradas. Para essa avaliação, ainda será necessário avançar na melhoria dos reportes e na identificação de espécies, incluindo análise genética quando vestígios biológicos (por exemplo, carcaças) não permitem definir a espécie envolvida na colisão.

Como já mencionado, quando se compara os dados da aviação com estimativas de mortalidade em outros modais, como atropelamentos em rodovias, pode-se julgar que a aviação não é tão impactante para a fauna. Tal entendimento baseado numa comparação pode fazer sentido, mas não devemos esquecer: (1) que o setor aéreo impacta à fauna de outras maneiras; e, (2) dos números totais de perda de indivíduos quando somamos às consequências de diversas atividades humanas. E, na atual situação de perda de biodiversidade do mundo, não podemos minimizar nenhuma mortalidade.

[43] Disponível em https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/sigra/perigoAviarioExt. Acesso em 11 de agosto de 2023.
[44] Disponível em https://www2.fab.mil.br/cenipa/. Acesso em 11 de agosto de 2023.

Sobre o segundo tipo de impacto que será abordado, o ruído aeronáutico é bem conhecido e regulamentado em relação aos efeitos na saúde e bem-estar das pessoas. Há, pelo menos, três normas (NBRs) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), um Regulamento Brasileiro da Aviação (RBAC) e uma resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que regulamentam a gestão do ruído aeronáutico no Brasil. De forma geral, esses documentos estabelecem que os aeródromos, dependendo do seu porte, façam estudos do impacto (por exemplo, projeção de curvas de ruídos) e, aliados ao ordenamento territorial do entorno, estabeleçam um plano de zoneamento e medidas mitigadoras que podem até alterar ou limitar a operação das aeronaves.

Para a fauna silvestre, não existe uma abordagem explícita nesses documentos. A Emenda nº 03 do RBAC 161[45] apresenta as categorias "Agricultura e floresta", "Criação de animais, pecuária", "Mineração e pesca" e "Exposições agropecuárias e zoológicos" como atividades compatíveis ao entorno de aeródromos. Contudo, essas classes não são direcionadas aos animais de vida livre e não se sabe qual foi o embasamento utilizado para definir os níveis de ruído considerados aceitáveis.

Da mesma forma que para humanos, há estudos que mostram que ruídos contínuos e extremos geram prejuízos à saúde da fauna, afetando os indivíduos, as populações e as comunidades. Os estímulos do ruído desencadeiam a liberação de hormônios, como o cortisol, por gerarem um estado de alerta (MEILLÈRE *et al*., 2015; GOLDSTEIN *et al*., 2005; GOUDIE, 2006). Quando esses estímulos são repetitivos e constantes, podem desencadear um estado de estresse crônico, que se torna prejudicial à sobrevivência dos indivíduos. Como consequência, essa situação pode: (1) afetar a reprodução das espécies, devido a alterações na fertilidade e/ou no comportamento do cuidado parental (WHIRLEDGE; CIDLOWSKI, 2010; BREEN *et al*., 2005; SMITH *et al*., 2004; HALFWERK *et al*., 2011; STRASSER; HEATH, 2013); (2) modificar a comunidade de espécies presente próximo às fontes de ruído (ALQUEZAR *et al*., 2020; LINLEY *et al*., 2018); e (3) comprometer serviços ecossistêmicos (FRANCIS *et al*., 2012), como a polinização e a dispersão de sementes.

Sendo assim, é importante que se intensifique o diálogo entre os *stakeholders* (por exemplo, órgãos ambientais, aeroportos, companhias aéreas, controladoria de tráfego, agência reguladora e municípios) para a melhoria do arcabouço legal, definição de medidas mitigadoras e investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). As leis/regulamentos/normas devem incorporar

[45] Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161/@@display-file/arquivo_norma/RBAC161EMD03%20-%20Retificado.pdf. Consultado em 23 de novembro de 2022.

a perspectiva da fauna na gestão do ruído aeronáutico, especialmente, no que se refere à movimentação de aeronaves acima de Unidades de Conservação, onde deve haver uma maior atenção em relação ao bem-estar e à preservação da fauna. Os órgãos ambientais também devem considerar, durante o licenciamento ambiental, uma análise que pondere os efeitos do ruído das operações aeroportuárias sobre os animais. O fomento a PD&I, que deve ocorrer concomitantemente, fornecerá subsídios para uma melhor definição do que deve ser exigido e do que pode ser feito.

Apesar de não ser um impacto da aviação sobre a fauna, é importante destacar que o setor tem mais um compromisso em relação à conservação da biodiversidade: o combate ao comércio ilegal da fauna e flora. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), assim como a Polícia Federal e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), possuem ações voltadas à coibição do tráfico. Contudo, os aeroportos e companhias aéreas devem contribuir, especialmente com a capacitação dos seus colaboradores para detecção e interceptação de criminosos.

A aviação brasileira também pode ter apoio de várias iniciativas internacionais. Em 2014, foi criado o *Transport Taskforce* com o objetivo de engajar o setor de transporte a identificar e desenvolver soluções de combate ao tráfico de animais. A organização é composta por mais de 100 *stakeholders*, incluindo aeroportos, companhias aéreas e associações, como a *Airports Council International* (ACI) e *International Air Transport Association* (IATA), que assinaram a Declaração de Buckingham Palace. O documento é composto por 11 compromissos, incluindo aumento de conscientização, ações e elaboração de relatórios. Ainda, baseada nesse documento, a IATA desenvolveu uma certificação voluntária para as companhias aéreas, chamada *Illegal Wildlife Trade* (IWT).

Em acréscimo ao cumprimento da responsabilidade socioambiental dos empreendimentos, os impactos e influências aqui expostos devem ser mitigados com celeridade, especialmente, pelo momento perigoso em que estamos. Por conta das atividades antrópicas, já ultrapassamos o limite planetário de integridade da biosfera (entre outros) (ROCKSTRÖM *et al*., 2009) e vivenciamos, segundo especialistas, a sexta extinção em massa (CEBALLOS *et al*., 2015). Assim, quaisquer impactos negativos à nossa biodiversidade, indiretos e diretos, devem ser identificados e mitigados por todas as empresas da aviação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALQUEZAR, R. D.; TOLESANO-PASCOLI, G.; GIL, D.; MACEDO, R.H. Avian biotic homogenization driven by airport-affected environments. **Urban Ecosystems**, v. 23, p. 507-517, 2020. DOI: 10.1007/s11252-020-00936-0. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339335811_Avian_biotic_homogenization_driven_by_airport-affected_environments. Acesso em 3/02/2023.

BREEN, K. M.; BELLINGS, H. J.; WAGENMAKER, E. R.; WESSINGER, E. W.; KARSH, F. J. Endocrine basis for disruptive effects of cortisol on preovulatory events. **Endocrinology**, v. 146, n. 4, p. 2107-2115, 2005. DOI: 10.1210/en.2004-1457

CEBALLOS, G.; EHRLICH, P.R; BARNOSKY, A.D.; GARCÍA, A.; PRINGLE, R. M.; PALMER, T. M. Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. **Science Advances**, v. 1, p. 1-5, 2015. DOI: 10.1126/sciadv.1400253. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279042244_Accelerated_Modern_Human-Induced_Species_Losses_Entering_the_Sixth_Mass_Extinction. Acesso em 3/02/2023.

FRANCIS, C. D; KLEIST, N. J.; ORTEGA, C. P.; CRUZ, A. Noise pollution alters ecological services: enhanced pollination and disrupted seed dispersal. **Proc R Soc B**, v. 279, p. 2727-2735, 2012. DOI: 10.1098/rspb.2012.0230

GOUDIE, R. I. Multivariate behavioural response of harlequin ducks to aircraft disturbance in Labrador. **Environmental Conservation**, v. 33, p. 28–35, 2006. DOI: 10.1017/S0376892906002724

HALFWERK, W.; HOLLEMAN, L. J.; LESSELLS, C. M.; SLABBEKOORN, H. Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, p. 210-219, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2010.01914.x

ICA 63-26. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **ICA 63-26: gerenciamento de risco à segurança operacional (GRSO) no SISCEAB**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-63-26. Acesso em 3/02/2023.

ICMBio. **Relatório de Áreas Sensíveis de Espécies Ameaçadas de Extinção Relacionadas a Aeroportos**. Brasília, DF: 2016. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios. Acesso em 3/02/2023.

LINLEY, G. D.; KOSTOGLOU, K.; JIT, R.; WESTON, M. A. Australian magpies exhibit increased tolerance of aircraft noise on airport, and are more responsive to take-off than landing noises. **Wildlife Research**, v. 45, p. 282-286, 2018. DOI: 10.1071/WR18039

MEILLÈRE, A.; BRISCHOUX, F.; ANGELIER, F. Impact of chronic noise exposure on antipredator behavior: an experiment in breeding house sparrows. **Behavioral Ecology**, v. 26, p. 569–577, 2015. DOI: 10.1093/beheco/aru232

MICHAEL I. GOLDSTEIN,AARON J. POE,ERIN COOPER,DON YOUKEY,BRIDGET A. BROWN,TRENT L. MCDONALD. Mountain goat response to helicopter overflights in Alaska. **Wildlife Society Bulletin**, v. 33, p. 688-699, 2005. DOI: 10.2193/0091-7648(2005)33[688:mgrtho]2.0.co;2. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/43288120_Mountain_goat_response_to_helicopter_overflights_in_Alaska. Acesso em 3/02/2023.

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K; PERSSON, Å.; CHAPIN, F. S. III; LAMBIN E.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H.; NYKVIST, B.; DE WIT,C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society**, v. 14, p. 32, 2009. DOI: 10.5751/ES-03180-140232

SANTOS, L. C. B.; SOUZA, M. D. S. **Anuário de Risco de Fauna 2011-2020**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília, 2021. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/prevencao/risco-de-fauna/anuario-de-risco-de-fauna. Acesso em 3/02/2023.

SMITH, J. W.; SECKL, J. R.; EVANS, A. T.; COSTALL, B.; SMYTHE, J. W. Gestacional stress induces post-partrum depression-like behaviour and alters maternal care in rats. **Psychoneuroendocrinology**, v. 29, p. 227-244, 2004. DOI: https://doi.org/10.1016/S0306-4530(03)00025-8

STRASSER, E. H.; HEATH, J. A. Reproductive failure of human-tolerant species, the American kestrel, is associated with stress and human disturbance. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, p. 912-919, 2013. DOI: https://doi.org/10.1111/1365-2664.12103

WHIRLEDGE S.; CIDLOWSKI, J. A. Glucocorticoids, Stress, and Fertility. **Minerva Endocrinology**, v. 35, n. 2, p. 109-125, 2010. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3547681/. Acesso em: 3/02/2023.

GERENCIAMENTO DE RISCO DE FAUNA EM AERÓDROMOS

Weber Galvão Novaes[*]*, Mariane Rodrigues Biz Silva*[*]*, Jaqueline Cristina de Bem*[*] *e Vivian de Siqueira Dutra*[*]

[*]ProHabitat Assessoria Ambiental

INTRODUÇÃO

As colisões entre aeronaves e espécimes de fauna, conhecido no Brasil como risco de fauna, é um dos incidentes aeronáuticos mais frequentes da aviação. Esse conflito teve início com o desejo do Homem de voar em suas próprias máquinas, como citado nos diários de bordo dos Irmãos Wright no início do século XX (CLEARY; DOLBEER, 2005). E já, no ano de 1912, houve o primeiro registro de morte de uma pessoa causada pela colisão de uma aeronave com gaivotas (SODHI, 2002).

Diversos fatores ao longo dos tempos têm sido apontados como potencializadores desse problema: crescimento do tráfego aéreo mundial; aeronaves mais modernas, com menos motores e mais silenciosas; urbanização intensa e fragmentação dos habitats naturais no entorno dos aeródromos; dentre outros. Há de se destacar também a maior atenção dada ao problema com o passar dos anos. Houve significativa melhoria na capacitação dos profissionais que atuam diretamente com esse assunto, o que promoveu relevante aumento na cultura de reportes de ocorrências aeronáuticas envolvendo fauna.

Ao longo da história da aviação, centenas de acidentes tiveram como causa a colisão com animais. Estima-se que 532 pessoas perderam a vida e 614 aeronaves tenham sido destruídas em decorrência dessas colisões (SHAW *et al*., 2018). A seguir são apresentados alguns exemplos de casos que ocorreram ao redor do mundo e resultaram em acidentes aéreos graves.

Tabela 1 – Acidentes aeronáuticos relevantes causados por colisões com fauna no mundo. Fonte: THORPE, 2003; 2010; SHAW *et al*., 2018; ZHANG; ZHANG, 2021.

Ano	País	Espécie envolvida	Nº vítimas humanas	Observação
1912	Estados Unidos	Gaivota (Família Laridae)	1	Primeira fatalidade da história da aviação
1960	Estados Unidos	Estorninhos (*Sturnus vulgaris*)	62	Primeiro acidente com aeronave comercial
1975	Reino Unido	Abide-comum (*Vanellus vanellus*)	6	Embora tripulantes e passageiros tenham sobrevivido, a aeronave atingiu um carro durante a queda e matou todos no veículo
1988	Etiópia	Pombo-malhado (*Columba guinea*)	35	Colisão com mais de 30 pombos derrubou um Boeing 737
1995	Estados Unidos	Ganso-canadense (*Branta canadensis*)	24	Maior desastre com aeronave militar causado por colisão com fauna
2000	Zaire	Não Identificada	24	Um Antonov teve ingestão de ave no motor e caiu logo após decolagem, mantando todos a bordo
2007	Rússia	Não Identificada	7	Um Antonov colidiu com aves após decolagem, os motores perderam potência e caíram a 4 km da pista de decolagem
2009	Estados Unidos	Ganso-canadense (*Branta canadensis*)	0	Piloto pousou milagrosamente um Airbus A320 sobre o Rio Hudson – Nova York
2019	Rússia	Gaivota (Família Laridae)	0	Semelhante ao caso de Nova York, pilotos pousaram um Airbus A321, com 233 passageiros, em um milharal

Embora os casos apresentados acima representem uma pequena parte das ocorrências aeronáuticas envolvendo a fauna, milhares de colisões com danos e/ou prejuízos financeiros ocorrem todos os anos. De acordo com o Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA[46]), que é o banco de dados brasileiro administrado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA[47]), ocorrem, em média, 277 colisões com dano todos os anos no Brasil (Informação extraída da base de dados do SIGRA). Os custos associados a essas ocorrências estão relacionados, diretamente, aos danos causados pelo impacto dos animais com a aeronave, com necessidade de reparo e/ou substituição de peças, e indiretamente, decorrente de atrasos,

[46] Disponível em https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/sigra/perigoAviarioExt . Acesso em 11/08/2023.
[47] Disponível em https://www2.fab.mil.br/cenipa/ . Acesso em 11/08/2023.

remanejamento de passageiros e aeronaves, diárias em hotéis, alimentação, traslado de peças danificadas, dentre outros (ALLAN, 2002; DEVALT *et al*., 2011).

Estudos desenvolvidos no início dos anos 2000 apontam um prejuízo anual de US$ 1.2 bilhão em todo o mundo (ALLAN, 2002). No entanto, após 20 anos, o valor está defasado e não existem novas estimativas mundiais publicadas. Nos Estados Unidos da América, o custo anual decorrente de colisões com fauna supera a marca de US$ 320 milhões (DOLBEER *et al*., 2022). No Brasil, segundo Santos e Souza (2021), entre 2011 e 2020, foram gastos mais de US$ 76 milhões, entre custos diretos e indiretos. Ainda, de acordo com a Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR), que representa as companhias aéreas LATAM, GOL e VOEPASS, as perdas de suas associadas em decorrência de colisões com fauna no ano de 2021 foram de cerca de R$ 110 milhões (dado obtido nas redes sociais da associação).

O número de reportes no Brasil apresenta alta desde o início dos registros dessas ocorrências, ainda na década de 1980. Entre 1980 e 1985, o número de colisões registradas por ano não passou de três. A partir de 1985, houve um aumento gradativo todos os anos, até 2008. Em 2009, a quantidade de reportes mais do que dobrou com relação ao ano anterior, passando de 528 para 1.252 registros (Dados obtidos do IBIS, antigo banco de dados do CENIPA). Esse aumento em 2009 coincide (ou não) com o acidente conhecido como “Milagre no Rio Hudson”, ocorrido no mesmo ano.

O MILAGRE DO RIO HUDSON

O Milagre no Rio Hudson: no dia 15 de janeiro de 2009, um voo de passageiros que partiu do Aeroporto LaGuardia, na cidade de Nova York, com destino à cidade de Charlotte, na Carolina do Norte, precisou fazer um pouso de emergência cinco minutos após a decolagem. O motivo: colidiu com um bando de gansos-canadenses (Branta canadensis).

A aeronave, um Airbus A320, com 155 passageiros a bordo, atingiu o bando de gansos durante o procedimento de subida, quando a aeronave estava ganhando altura. O impacto com as aves causou a perda imediata dos dois motores da aeronave. Esse modelo de aeronave só possui dois motores. Milagrosamente, mas também graças à perícia e habilidade do comandante Sullenberger (tornou-se tema do filme Sully, o herói do Rio Hudson, estrelado por Tom Hanks), a aeronave pousou sobre o Rio Hudson, no centro de Manhattan. Todos os passageiros e tripulantes sobreviveram. Esse acidente é considerado um divisor de águas para o tema risco de fauna em aeródromos.

PROHABITAT
ASSESSORIA AMBIENTAL

Figura 1 – Número de reportes de colisões entre aeronaves e fauna no Brasil registrados entre 1980 e 2020. Nota: dados entre 1980 e 2010 obtidos do IBIS (antigo banco de dados brasileiro do CENIPA) e dados a partir de 2011 obtidos do SIGRA (Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário, atual banco de dados do CENIPA). Fonte: IBIS e SIGRA[48].

[48] Disponível em https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/sigra/perigoAviarioExt. Acesso em 11/08/2023.

O Milagre no Rio Hudson colocou os holofotes da aviação mundial sobre o tema risco de fauna naquela ocasião. No Brasil não foi diferente, basta observar o aumento no número de registros a partir de 2009. Então fica a pergunta: houve aumento real no número de colisões de um ano para o outro ou foi dada maior atenção ao problema por causa do acidente aéreo?

Além do aumento no número de reportes de colisões, houve no Brasil, a partir de 2010, o surgimento de diversos regulamentos, resoluções e legislação abordando o tema, que serão detalhados no item a seguir.

LEGISLAÇÃO APLICADA AO GERENCIAMENTO DE RISCO DE FAUNA

O primeiro documento oficial para tratar do risco de fauna no Brasil, à época ainda conhecido como "perigo aviário" (para mais detalhes sobre nomenclatura, consulte o capítulo de panorama dos impactos da aviação), foi a Resolução nº 4, de 9 de outubro de 1995, publicada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)[49]. Essa resolução definiu a Área de Segurança Aeroportuária (ASA) da seguinte maneira:

> Art. 1º São consideradas "Área de Segurança Aeroportuária - ASA" as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do "centro geométrico do aeródromo", de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias:
>
> I - raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR); e
>
> II - raio de 13 km para os demais aeródromos.

De acordo com essa resolução, não era permitida a implantação de atividades de natureza perigosa, tidas como "foco de atração de aves", a exemplo de matadouros, curtumes, vazadouros de lixo, culturas agrícolas, ou quaisquer atividades que pudessem proporcionar riscos à navegação aérea em virtude da presença de aves, dentro da ASA. No entanto, a aplicação prática da resolução não aconteceu e ela foi revogada em 2018 pela Resolução CONAMA nº 466[50].

[49] Disponível em https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2017/04/CONAMA_RES_CONS_1995_004.pdf. Acesso em 24/01/2023.

[50] Disponível em: https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=134870 . Acesso em 11/08/2023.

Posterior ao acidente no Rio Hudson, em Nova York, o Conselho Nacional de Aviação Civil, por meio da Resolução CONAC nº 3 de 23/09/2010, determinou que o Ministério da Defesa estabelecesse diretrizes para mitigação dos riscos operacionais à aviação, decorrentes da presença de fauna nos aeródromos e seu entorno, que por sua vez publicou, em 22 de dezembro de 2010, a Portaria Normativa nº 1.887. Essa portaria definiu que o Comando da Aeronáutica (COMAER) deveria estabelecer e divulgar procedimentos para a consulta e aprovação prévia dos projetos e atividades com potencial de atrair aves nas proximidades dos aeródromos. Precisaria ainda estabelecer o Plano Básico e Específico de Gerenciamento de Risco Aviário, contendo as restrições de implantação dos projetos e atividades com potencial de atrair aves, sendo responsabilidade do CENIPA a aplicação do plano.

Em 2012, o COMAER publicou o Plano do Comando da Aeronáutica (PCA) 3-2, denominado de Plano Básico de Gerenciamento de Risco Aviário. A partir dessa publicação, os empreendimentos localizados nas proximidades dos 44 aeródromos definidos como prioritários, indicados no Anexo C desse plano, precisavam da anuência do COMAER, por meio de parecer técnico emitido pelo CENIPA e ratificado pelos Comandos Aéreos Regionais, para operar regularmente.

Também em 2012, foi sancionada pela Presidência da República a Lei Federal nº 12.725, de 16 de outubro de 2012[51], que dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos. Essa Lei estabeleceu a Área de Segurança Aeroportuária (ASA) e definiu o que são "atividades atrativas de fauna" e "atividades com potencial atrativo de fauna":

> ASA: área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, com 20 km (vinte quilômetros) de raio, cujos uso e ocupação estão sujeitos a restrições especiais em função da natureza atrativa de fauna.
>
> Atividade atrativa de fauna: vazadouros de resíduos sólidos e quaisquer outras atividades que sirvam de foco ou concorram para a atração relevante de fauna, no interior da ASA, comprometendo a segurança operacional da aviação.
>
> Atividade com potencial atrativo de fauna: aterros sanitários e quaisquer outras atividades que, utilizando as devidas técnicas de operação e de

[51] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12725.htm. Acesso em 24/01/2023.

manejo, não se constituam como foco atrativo de fauna no interior da ASA, nem comprometam a segurança operacional da aviação.

Segundo a Lei Federal nº 12.725[51], as restrições especiais a serem impostas pela autoridade competente no âmbito da aviação com relação ao aproveitamento de imóvel, público ou privado, localizado em ASA, podem ser:

a) proibição de implantação de atividade atrativa de espécimes da fauna;

b) cessação, imediata ou gradual, de atividade atrativa de espécimes da fauna, devendo o responsável pela atividade observar o estrito cumprimento do previsto na legislação ambiental vigente, inclusive quanto à recuperação da área degradada;

c) adequação das atividades com potencial de atração de espécimes da fauna aos parâmetros definidos pela autoridade competente, acompanhada ou não de sua suspensão; e

d) implantação e operação de atividades com potencial de atração de espécimes da fauna, observados a autorização e os parâmetros de adequação, ambos definidos pela autoridade competente.

No ano de 2014, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) publicou o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 164 (RBAC 164)[52], que tratava do gerenciamento de risco de fauna nos aeródromos públicos. Esse regulamento definia a exigência de elaboração de uma Identificação do Perigo da Fauna (IPF) e de um Programa de Gerenciamento de Risco de Fauna (PGRF), de acordo com critérios de enquadramento dos operadores de aeródromos. Em 2021, o RBAC 164[52] foi revogado e seu conteúdo passou a integrar o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 153 (RBAC 153), intitulado "Aeródromos – Operação, manutenção e resposta à emergência"[53]. Essa alteração foi considerada importante pelos especialistas em risco de fauna, pois o assunto passou a integrar o regulamento que trata da operação do aeródromo, sendo dada maior atenção ao tema por diversos *stakeholders*.

[52] Disponível em https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2014/22/anexo-iii-2013-rbac-164. Acesso em 24/01/2023.

[53] Disponível em https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-153. Acesso em 24/01/2023.

Outro aspecto importante trazido pelas mudanças no regulamento, ocorrida em 2021, foi a exigência de estabelecimento dos procedimentos básicos de gerenciamento de risco de fauna por todos os operadores de aeródromos públicos, independentemente do seu tamanho. Esses procedimentos estão definidos pela Instrução Suplementar (IS) 153.501-001[54]. Além dessa instrução, ainda há a IS 153.503-001[55], sobre análise de risco de colisão entre aeronaves e fauna e a IS 153.505-001[56], sobre identificação dos perigos, monitoramento e implantação de técnicas de manejo de fauna.

Em 2015, o CONAMA publicou a Resolução nº 466, de 05 de fevereiro de 2015[57]. Essa resolução estabeleceu diretrizes e procedimentos para elaboração e autorização do Plano de Manejo de Fauna em Aeródromo (PMFA), sendo uma importante ferramenta para os administradores de aeroportos. A resolução será tratada com mais detalhe no item específico sobre PMFA.

Em 2017, o PCA 3-2, do COMAER, foi revisado, dando lugar ao Plano Básico de Gerenciamento de Risco de Fauna (PCA 3-3)[58]. Essa nova versão passou a considerar em suas análises não apenas os aeródromos listados como prioritários, mas todos os aeródromos brasileiros, em conformidade com a Lei Federal nº 12.725[51], publicada em 2012. Ainda, segundo essa nova edição, os órgãos ambientais deveriam exigir o parecer aeronáutico dos empreendimentos/atividades listados na Tabela A do PCA 3-3[58] durante o processo de licenciamento ambiental. Integravam essa tabela atividades como abatedouro, agricultura, aterro sanitário, barragem, criação de animais, curtume, transbordo de resíduos sólidos, estação de tratamento de água e esgoto, feira livre, indústria de processamento de alimentos, silo e zoológico. Esse parecer era elaborado pelo CENIPA e emitido pelos Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA) da região do empreendimento.

Por meio da Portaria nº 54/GM-MD[59], de 15 de julho de 2019, o Ministério da Defesa revogou o art. 4º e o inciso V do art. 6º da Portaria Normativa nº 1.887. Os trechos revogados tratavam justamente da competência do COMAER em estabelecer e divulgar os procedimentos de consulta e aprovação de projetos com potencial de atrair aves. Essa revogação se deu em virtude do

54 Disponível em https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-153-501-001. Acesso em 11/08/2023.

55 Disponível em https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-153-503-001. Acesso em 11/08/2023.

56 Disponível em https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-153-505-001. Acesso em 11/08/2023.

57 Disponível em https://www.areaseg.com/bib/05%20-%20Resolucoes%20CONAMA/2015/466-2015.pdf. Acesso em 24/01/2023.

Decreto nº 9.540, de 25 de outubro de 2018[60], em seu Art. 1º, § 6º, informar que, no âmbito da aviação civil, as atividades de prevenção de competência do CENIPA seriam limitadas às investigações de acidentes e incidentes aeronáuticos e às tarefas relacionadas com a gestão dos sistemas de reportes voluntários.

A partir de então, o COMAER deixou de emitir os pareceres aeronáuticos relacionados à implantação e operação de atividades com potencial atrativo de fauna na ASA. Como ainda não foi publicado o Decreto Regulamentador da Lei Federal nº 12.725[51], atualmente, não está claro como os órgãos ambientais devem agir com relação a implantação ou operação de atividades com potencial atrativo de fauna em ASA.

Existe uma proposta de decreto, elaborada por um grupo de trabalho que envolveu o CENIPA, a ANAC, o Ministério do Meio Ambiente, a Secretaria de Aviação Civil, a INFRAERO e representantes de órgãos ambientais estaduais. Essa proposta foi apresentada na 72ª Seção Plenária do Comitê de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CPAA), realizada nos dias 05 e 06 de novembro de 2019, e nela contém o grau de potencial de risco das atividades/empreendimentos, os critérios de restrição de implantação/operação e as respectivas competências e atribuições dos envolvidos no processo (informações obtidas na Ata da referida Seção Plenária[61]). A publicação desse decreto será uma ferramenta fundamental para a aviação brasileira, pois trará de forma clara as diretrizes de aplicação das restrições previstas na Lei Federal nº 12.725[51], bem como as atribuições das autoridades envolvidas.

AVALIAÇÃO DE RISCO DE FAUNA: DEFINIÇÃO DAS ESPÉCIES PROBLEMA

Avaliar quais são as espécies problema de cada sítio aeroportuário é um dos pontos de partida do gerenciamento de risco de fauna e da definição das ações de manejo necessárias (não invasivas e/ou invasivas). Tal etapa é indispensável já que: (1) não devemos interferir mais do que o necessário na vida silvestre; (2) é importante direcionar adequadamente recursos humanos e financeiros (frequentemente escassos); e (3) um plano de manejo sem foco, que pretende remover qualquer espécime de fauna de um aeroporto, sem nenhum critério, além de ambientalmente incorreto, será fracassado.

58 Disponível em https://pt.scribd.com/document/413626829/PCA-3-3-Plano-Basico-de-Gerenciamento-de-Risco-de-Fauna-2017. Acesso em 11/08/2023.
59 Disponível em https://mdlegis.defesa.gov.br/norma_html/?NUM=54&ANO=2019&SER=A. Acesso em 7/08/2023.
60 Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9540.htm. Acesso em 7/08/2023.
61 Disponível em https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/cnpaa/atas. Acesso em 24/01/2023.

Segundo a Resolução CONAMA nº 466/2015[57], espécie problema é uma "espécie da fauna, nativa ou exótica, que interfira na segurança operacional da aviação". E a IS nº 153.503-001[55] – Revisão A, de 2021 (idêntica à revogada IS nº 164-0001 – Revisão A, de 2015), define como "espécie de fauna que represente perigo às operações aéreas de um determinado aeródromo". As duas definições, apesar de usarem palavras diferentes, representam o mesmo conceito.

Os dois instrumentos supracitados sugerem métodos para a classificação e análise de risco, com a finalidade de identificar quais são as espécies de maior preocupação às operações aéreas em cada aeródromo. O objetivo deles é quase o mesmo, exceto que, como a Resolução CONAMA nº 466[57] trata do Plano de Manejo de Fauna em Aeródromos (PMFA), o foco da avaliação é o de orientar ações de manejo direto de fauna (ver próximo item para esclarecimentos sobre tipos de manejo) e deve ser apresentada ao órgão ambiental responsável. Já as análises propostas pela IS nº 153.503-001 – Revisão A[55], têm o alvo de contribuir com o gerenciamento de risco de fauna de forma mais geral (incluindo ações de manejo direto), devendo serem inseridas na Identificação de Perigo de Fauna (IPF) e submetidas à ANAC.

Destaca-se que a agência da aviação civil solicita que se anexe o PMFA ao processo, após a avaliação do órgão ambiental, mas ela não tem competência para autorizar qualquer manejo de fauna. Ainda, é frequente ver órgãos ambientais solicitando a IPF e PGRF, e apesar de eles não serem os responsáveis por validar esses documentos, eles utilizam o conteúdo para embasar a emissão ou não das autorizações de manejo.

Outra diferença que vale ser mencionada é a variação de nomenclatura. A Resolução CONAMA nº 466[57] intitula de "Avaliação de Risco de Fauna em Aeródromo", já a ANAC chama de "Análise do Risco de Colisão com Fauna". No fim, os dois podem ser abreviados como ARF e, por isso, causar alguma confusão de comunicação. Para diminuir esses ruídos, é importante sempre especificar o método utilizado e não o título da análise.

Ao todo são três métodos propostos, dois da ANAC e um do CONAMA:

- IS nº 153.503-001 – Revisão A[55]: (1) adaptado de Carter (2001), (2) adaptado de Villareal (2008).
- Resolução CONAMA nº 466[57]: (3) adaptado de Dolbeer *et al*. (2000) e Oliveira (2014).

A presença de três métodos diferentes com similar objetivo pode gerar um descontentamento. Há um questionamento sobre a necessidade e o motivo de não termos apenas um. Ainda, há quem goste de um e não goste de outro. Bem, em primeiro lugar, dificilmente teremos um consenso sobre a utilização de um único método. Em segundo lugar, esses métodos são complementares, já que consideram parâmetros diferentes. E, ainda, dependendo do banco de dados do aeroporto, um método pode ser mais adequado do que outro. Então, sugere-se que todos os métodos sejam aplicados, e se ressalta a importância de a avaliação dos resultados ser feita por profissional especialista em fauna e capacitado no gerenciamento de risco de fauna.

No método baseado em CARTER (2001), é estabelecida uma escala de 1 a 100, sendo que o último valor será da espécie de maior risco para aquele critério. Então, ele funciona de uma forma comparativa entre as espécies analisadas. O resultado será o grau de risco de cada espécie e é apresentado em forma de um "ranking de espécies", com a 1ª colocada sendo a de maior risco para aquele aeródromo.

No método baseado em VILLAREAL (2008), os parâmetros são similares aos do método supramencionado (exceto os dois últimos da Figura 2). O sistema de pontuação utilizado é pré-determinado por uma matriz e o resultado é a classificação de risco de cada espécie em categorias definidas pelo autor do método. Nesse caso, a pontuação das espécies é independente entre elas.

Por último, o método do CONAMA utiliza parâmetros de probabilidade e severidade. Para o cálculo dos parâmetros, os dados mais utilizados provêm do histórico de reportes de colisões e quase colisões do aeroporto avaliado. Assim, como o método adaptado de CARTER (2001), o resultado é expresso em um grau de risco para cada espécie, porém, em categorias pré-determinadas pelos autores. A pontuação entre as espécies é independente entre elas e não há um ranqueamento.

Neste capítulo, não temos a intenção de ensinar o cálculo dos fatores de risco/parâmetros, mas sim expor algumas dificuldades que podem surgir com a interpretação da IS e da resolução. Recomenda-se a leitura atenta do item 6.3 da IS nº 153.503-001 – Revisão A[55] e do Anexo I da Resolução CONAMA nº 466[57], que descrevem como os fatores de risco/parâmetros devem ser obtidos para cada espécie em cada método. Se você ainda não leu, sugerimos dar uma pausa aqui, fazer a leitura e depois retornar.

Para os métodos definidos pela ANAC é necessário o entendimento de dez fatores de risco (Figura 2) que, em sua maioria, devem ser calculados a partir dos dados do monitoramento de fauna no aeródromo. Destacamos a importância dos profissionais que realizarão as amostragens serem habilitados a lidar com fauna, conforme especificado no RBAC 153[53] (item 153.35(d)), e,

adicionalmente, capacitados em risco de fauna, já que os métodos variam do que normalmente é usado em amostragens no âmbito da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) para o licenciamento de empreendimentos.

Figura 2 – Fatores de risco definidos pela IS nº 153.503-001 – Revisão A[55]

A redação da IS[55] permite que vários fatores de risco tenham interpretações variadas de como devem ser calculados. Vamos começar pelo que costuma causar mais discussões (Figura 3): habilidade de evitar colisões com aeronaves e suscetibilidade as ações de controle de fauna. Ambos são julgados subjetivos (até pela própria IS[55]), já que não há referências bibliográficas para suas definições e, mesmo que houvesse, há evidente variação comportamental entre populações de diferentes localidades. Então, o que fazer?

Uma primeira saída, principalmente se o aeroporto está iniciando o gerenciamento de risco de fauna ou, por algum motivo, não tem um bom banco de dados, é utilizar a brecha do item 6.2.2 da IS[55] que diz que o operador de aeródromo pode excluir alguns fatores desde que justifique. Uma segunda opção, se o aeroporto possui alguma organização dos dados de fauna, é analisar as planilhas existentes sobre afugentamento e extrair informações para o último fator. A terceira alternativa encontrada é, antes do início da amostragem dos dados para a Identificação de Perigo de Fauna (IPF), estabelecer um método de avaliação do comportamento dos animais em relação as técnicas de afugentamento e aproximação de aeronaves.

A forma de se obter a massa corporal das espécies também pode causar dúvidas, já que não temos bibliografia para todas. Caso não encontre essa informação, uma possibilidade é tentar

encontrar a massa de uma espécie do mesmo gênero ou família. Alternativamente, baseando-se no tamanho corporal, é possível estimar uma massa. Outra questão relevante: como mencionado antes, o cálculo dos fatores no método baseado em CARTER (2001) é comparativo entre o rol de espécies avaliadas, com isso, sugere-se avaliar se faz sentido unir os dados de aves, répteis e mamíferos (especialmente não-voadores) numa mesma análise, já que há uma grande diferença da massa corporal entre os grupos.

Como as operações dos aeroportos é variada e inclusive se altera ao longo do ano, o fator "período do dia" pode ser difícil de ser determinado. Nesse fator, o que se deseja é uma relação entre o período que a espécie avaliada é mais visualizada e o momento de maior movimento de aeronaves. Caso o seu aeródromo seja um desses que não possuem uma concentração clara de períodos com maior movimento de aeronaves, sugere-se a exclusão desse fator, conforme item 6.2.2 da IS[55].

O fator "localização com relação às operações de voo", apesar de não ser difícil de ser calculado, reforça a importância da capacitação dos profissionais de campo. Para esse fator, sugere-se que no delineamento amostral (etapa anterior à coleta de dados em campo) se dívida o sítio aeroportuário em áreas de risco, considerando a movimentação das aeronaves. A partir disso, deve-se definir uma pontuação para cada área (maior risco de acontecer uma colisão = pontuação mais alta). Então, a cada identificação de espécimes, será importante registrar a localização do animal para posterior pontuação que será utilizada na determinação do fator de risco.

Por último, gostaríamos de mencionar a influência do histórico de dados de colisões. Um dos fatores de risco determina que seja considerado o número de colisões dos últimos cinco anos. Contudo, muitos aeroportos não possuem um banco de dados confiável. A IS[55] dá como alternativa a obtenção das informações do banco de dados nacional, o Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA) do CENIPA, mas, mesmo assim, os dados podem ser falhos. Para essa situação, não temos muita alternativa a não ser sermos cautelosos com a análise dos resultados da Avaliação de Risco de Fauna (ARF) e investir em cultura de reporte no aeroporto para que as próximas análises sejam melhores.

No caso do método baseado em CARTER (2001), ao ler a IS nº 153.503-001[55] – Revisão A pode ser difícil visualizar como a escala de 1 a 100 deve ser feita. Para auxiliar nessa compreensão, sugere-se pensar em uma régua para cada fator na qual as espécies serão dispostas (Figura 3).

Observa-se que você não precisará fazer desenhos ou usar folhas de papel para ordenar as espécies. Há ferramentas de organização e análise de dados, como o Microsoft Excel, nas quais se

pode aplicar fórmulas para os cálculos. Assim, você efetuará a análise para diversas espécies rapidamente em uma única vez. O objetivo do exemplo lúdico acima é apenas clarificar o que a escala de 1 a 100 significa.

Agora, uma observação antes de irmos para a ARF da CONAMA[57]. Os métodos da ANAC também consideram probabilidade e severidades, apenas não usam essa nomenclatura. Os fatores de risco que podem ser considerados de probabilidade são: população global, quantidade de tempo presente no aeródromo, quantidade de reportes de colisão, quantidade média de indivíduos nos bandos, localização com relação às operações de voo, tempo gasto em voo ou em atividade, período do dia de maior atividade, habilidade de evitar colisões com atividades e susceptibilidade às ações de controle de fauna. Para a estimativa de severidade temos os fatores: massa média e quantidade média de indivíduos nos bandos. Assim, os três métodos seguem o que é instruído pela International Civil Aviation Organization (ICAO) de considerar probabilidade e severidade em uma ARF.

Para o método do CONAMA[57] são usados seis parâmetros de classificação das espécies, três de probabilidade (frequência de colisões, massa total e permanência aeródromo) e três de severidade (proporção de colisões com dano, severidade relativa e proporção de colisões múltiplas). Cinquenta por cento (n=3) dos parâmetros devem ser obtidos do banco histórico de reportes do aeroporto (colisões e quase colisões). A “severidade relativa” de espécies brasileiras é um dado pronto que deve ser adquirido em publicações do CENIPA (atualmente, baseado em NOVAES (2022), que fez uma revisão do ranking anterior de 2016). Segundo a norma, os dados de censos faunísticos na área operacional devem ser a fonte para a “massa total” e a “permanência aeródromo”.

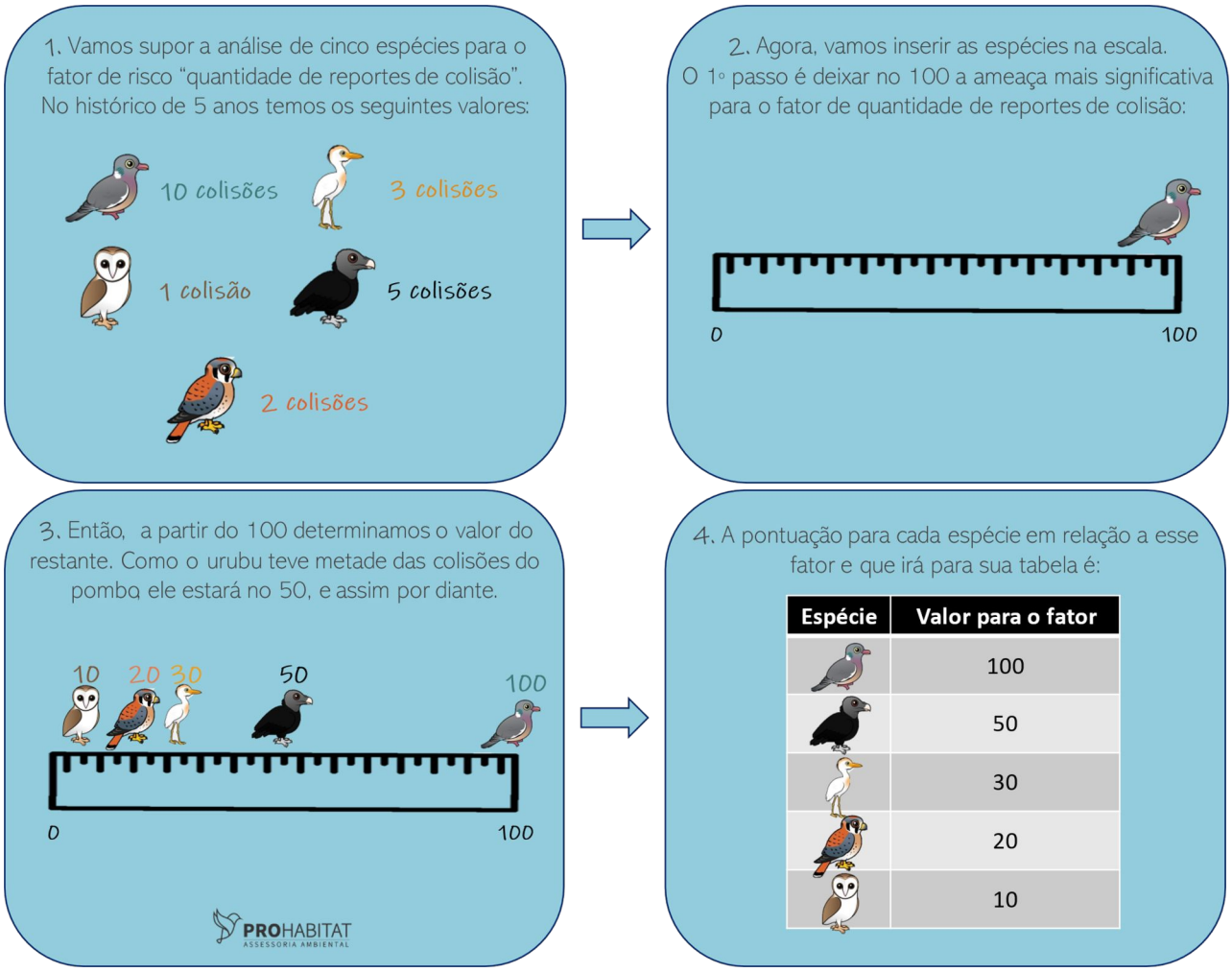


Figura 3 – Exemplo ilustrativo de como definir fatores de risco. Fonte: ProHabitat[62] com desenhos das espécies obtidos de Birdorable[63].

Os parâmetros relacionados ao banco de dados de reportes, como já mencionado para os métodos da ANAC, dependem de um histórico confiável. Tal vínculo pode ser um grande desafio em diversos aeroportos pelo Brasil. O que se sugere é que, após uma primeira análise, identificando esse histórico como um gargalo, seja investido em treinamento e aumento da cultura de reporte para melhoria de futuras ARFs. Em similaridade, a obtenção do parâmetro "massa total" passa pelo mesmo desafio já mencionado para os fatores de risco da IS nº 153.503-001 – Revisão A[55].

Outras diversas dificuldades práticas sobre como organizar os dados e determinar as premissas para o cálculo de cada fator/parâmetro podem aparecer. Sugerimos que o profissional

62 https://www.prohabitat.com.br/
63 https://www.birdorable.com/

responsável pelas análises se dedique para o entendimento de cada fator no delineamento amostral, antes de ir para campo, e na checagem mensal dos dados. Complementarmente, considera-se valioso o diálogo com outros profissionais da área para discussão. E, acima de tudo, é essencial que o tópico "Métodos" tenha quantos detalhes forem necessários para o bom entendimento do que foi determinado pelo executor da ARF e possibilitar a replicação.

Por fim, gostaríamos de abordar a questão de quais espécies devem ser avaliadas em cada ARF. Para começar, vamos analisar como está o texto da IS nº 153.503-001 – Revisão A[55]. No item 6.2.1, é dito que a ARF tem como finalidade identificar quais são as espécies que provocam maior risco às operações aéreas em um determinado aeródromo. Então, pode-se entender que a ARF é que nos dirá quais são as espécies problema do aeroporto verificado.

Contudo, no item 6.2.2.3 é dito que os fatores de risco devem ser calculados para cada espécie problema. E tal redação pode gerar confusão do que vêm primeiro: (1) usar a ARF para determinar as espécies problema ou (2) aplicar a ARF apenas para espécies problema? Na segunda interpretação, entende-se que já há um conhecimento prévio de quais espécies são "problema", o que não é verdade para muitos aeroportos. Além disso, a fauna, assim como o uso do solo, muda no tempo e no espaço, e, por conseguinte, essas avaliações devem ser atualizadas frequentemente, já que as espécies problema podem mudar. Ainda, ressalta-se que em tempos de mudanças climáticas, as alterações podem ser aceleradas.

Com isso, corroborando com CARTER (2001), sugere-se que as análises sejam aplicadas a todas as espécies identificadas no monitoramento de fauna. Utilizando programas e fórmulas, como já mencionando, esse processo não será tão difícil. Há também outras alternativas de procedimento, como por exemplo, aplicar primeiro a ARF baseada em VILLAREAL (2008) e depois o método adaptado de CARTER (2001) apenas para as espécies classificadas como "Muito Alto" e "Alto". Outros arranjos também poderão ser feitos, eles só devem ser definidos por profissionais capacitados em risco de fauna, embasados e descritos no tópico de "Métodos" do documento que será elaborado.

Destacamos que esse texto não tem a pretensão de esgotar o assunto. Nas rodas de conversa com profissionais da área, já ouvimos muitas outras dúvidas, críticas e elogios às ARFs. O nosso objetivo aqui foi apenas apontar os principais aspectos, por nós julgados assim, e fomentar a reflexão, discussão e melhorias. Quanto mais profissionais usarem esses métodos e dialogarem sobre o assunto (inclusive com especialistas de outros países), mais avançaremos, desenvolvendo métodos melhores e contribuindo com a segurança de voo do Brasil.

MEDIDAS DE GERENCIAMENTO DE RISCO DE FAUNA EM AERÓDROMO

Como mostrado no item anterior, o primeiro passo para identificar as medidas de gerenciamento de risco adequadas à realidade do aeródromo é a definição das espécies problema. A partir daí, será possível entender quais fatores estão atraindo essas espécies para o ambiente aeroportuário e o seu entorno.

Essa definição integrará a Identificação de Perigo de Fauna (IPF), que segundo o RBAC 153[53], é uma abordagem preliminar do problema, na qual são identificados: as espécies de fauna presentes no aeródromo e no seu entorno que provocam risco às operações aéreas; e, os principais focos de atração, onde são priorizadas as medidas de redução do risco. Essa análise deve ser realizada ao longo de, no mínimo, 12 (doze) meses, buscando identificar possíveis variações sazonais do perigo provocado pela fauna. As IPFs devem ser conclusivas quanto a necessidade de implantação de um Programa de Gerenciamento de Risco de Fauna (PGRF) e de elaboração/execução de um Plano de Manejo de Fauna em Aeródromo (PMFA). Atualmente, são obrigados a elaborar uma IPF aeródromos Classe III e IV. No entanto, caso os de Classe I e II constatem a necessidade ou a ANAC demande sua elaboração, a IPF deverá ser realizada.

Tendo como base a IPF, as medidas de gerenciamento de risco de fauna serão definidas. Por vários anos no Brasil, as ações focaram muito no chamado “manejo direto da fauna”, ou seja, capturava-se a maior quantidade possível de espécimes da fauna, muitas vezes de espécies que nem eram classificadas como problema, e se realizava a soltura em áreas mais afastadas ou era realizado o abate dos animais.

No entanto, o manejo direto de fauna, que deve ser executado após a elaboração de um PMFA, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 466[57] (será abordado com mais detalhes no próximo item), é importante, porém apenas uma parte do processo. Para o controle efetivo do risco de fauna, deve-se haver o gerenciamento integrado dos elementos que contribuem para a presença de fauna em locais em que oferecem risco para as aeronaves (OLIVEIRA, 2014).

E quais são esses elementos? Normalmente, estão associadas as condições que permitem ou favorecem a disponibilidade de três recursos principais para a fauna: água, alimento e abrigo. São os chamados “três As”. Dentro do ambiente aeroportuário são diversas as estruturas ou elementos das paisagens que disponibilizam tais recursos. Destacam-se as extensas áreas gramadas que são fontes de alimento, os equipamentos de navegação e torres de iluminação que servem de poleiros e

as edificações que fornecem abrigo. No entanto, não se restringem a esses. Outro fator relevante são as falhas no sistema de proteção do perímetro que permitem o acesso dos animais aos recursos, tais como falhas em cercas/muros, telhados, portões, portas e janelas de edificações.

O efetivo controle da presença dos animais de risco para a segurança aérea passa pelo controle populacional da espécie ou daquilo que as atraem? Se o seu açucareiro está cheio de formigas, o que você faz primeiro? Remove as formigas uma a uma e leva para o quintal de sua casa? Mata as formigas? Podemos apostar que sua atitude não será nenhuma dessas. Modificar o açucareiro, fechar melhor a tampa, trocar de vasilha ou colocar dentro de um pratinho com água, provavelmente, será uma das suas estratégias. A lógica do gerenciamento de risco de fauna é a mesma. Dentro de um aeródromo, o que é o seu açúcar? Qual estratégia será adotada para reduzir a atratividade dele?

No âmbito da aviação, o gerenciamento de risco, incluindo o de fauna, segue a filosofia do Safety Management System (SMS), ou Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional, que é um processo gerencial dos riscos à segurança operacional, de maneira proativa, por meio da identificação dos perigos e do desenvolvimento e implementação das medidas efetivas para sua mitigação. Ele é composto por quatro componentes e doze elementos. Os componentes envolvem políticas e objetivos, plano de resposta à emergência, registro e documentação, operacionalização dos procedimentos, acompanhamento da operacionalização por meio de auditorias, indicadores e metas e melhoramento contínuo dos processos (OLIVEIRA, 2014; AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), 2019).

OLIVEIRA (2014) propõe a aplicação do SMS ao risco de fauna, por meio do Modelo de Gerenciamento Integrado do Risco de Fauna, contemplando os quatro componentes do SMS e seus doze elementos. Nesse modelo, o gerenciamento de risco de fauna deve ocorrer de maneira integrada, considerando-se características típicas da cultura nacional e organizacional brasileira, gerando suporte às organizações do setor aeronáutico para atuarem no processo e desenvolvendo procedimentos internos que tornem o gerenciamento desse risco mais eficiente no país.

Nesse cenário, as ações a serem implementadas devem estar contempladas em um PGRF, que segundo a ANAC, em seu Regulamento nº 153 (RBAC 153)[53], é o documento de natureza especificamente operacional, que deve estabelecer procedimentos de cunhos permanente, sazonal ou eventual, incorporados à rotina operacional do aeródromo, com a finalidade de reduzir progressivamente o risco de colisão entre aeronaves e animais nas operações aeroportuárias.

Recomenda-se que as medidas a serem adotadas sigam a prioridade da pirâmide de hierarquia de controle integrado de fauna em aeródromos. Na Figura 4, a pirâmide apresentada é adaptada da proposta de diversos autores nacionais e internacionais (por exemplo, DEFUSCO *et al*., 2015; CENIPA, 2017).

Figura 4 – Pirâmide de ações do gerenciamento de risco de fauna. Fonte: ProHabitat / Adaptado de DEFUSCO *et al*. (2015) e BRASIL (2017).

Treinamento e conscientização

Nessa adaptação, a base da pirâmide é o que consideramos o alicerce do bom gerenciamento de risco de fauna: **treinamentos e conscientização/sensibilização**. Profissionais qualificados e sensibilizados para esse assunto, entregarão, dentro da sua esfera de atuação, aquilo que propiciará as bases necessárias para o gerenciamento de risco adequado.

De acordo com o RBAC 153[53], o treinamento para o gerenciamento de risco de fauna deve ser ministrado de acordo com as responsabilidades e capacidades específicas de cada profissional envolvido nessas atividades, devendo conter, no mínimo, os seguintes assuntos:

I. Importância do gerenciamento do risco de fauna à segurança operacional;
II. Apresentação das espécies de fauna que causem maior risco às operações aéreas do aeródromo em questão;
III. Identificação de perigos e focos de atração de animais dentro do sítio aeroportuário;
IV. Instrução quanto ao preenchimento de fichas e checklists de observação de fauna e relatos e eventos de segurança operacional envolvendo aeronaves e animais;
V. Aplicação segura de métodos para afugentamento de aves e outros animais;
VI. Aplicação segura de métodos para a remoção de animais da área operacional; e
VII. Aplicação segura de métodos para o recolhimento, identificação de carcaças e animais em decomposição.

Ainda, considerando que o risco de fauna tem relação com os usos de solo no entorno do aeroporto (tema da Lei Federal nº 12.725[51]), é necessário, independentemente da obrigatoriedade da constituição de uma Comissão de Gerenciamento do Risco de Fauna (CGRF) pelo RBAC 153[53], que o administrador aeroportuário invista em um plano de educação ambiental focado na comunidade externa. Os responsáveis pela gestão do risco de fauna poderão, a partir dos mapeamentos de focos (ou potenciais) atrativos de fauna na ASA, identificar os bairros que mais merecem atenção e desenvolver atividades, como palestras e exposições.

Modificação do ambiente

O segundo passo para a definição das medidas de gerenciamento de risco de fauna é a modificação do ambiente. Esse item inclui as intervenções que reduzirão a atratividade de fauna no ambiente aeroportuário. Lembra do exemplo do açucareiro? Ajustar a tampa ou trocar de vasilha seriam consideradas as modificações do ambiente. Os açúcares dentro de um aeródromo podem ser as extensas áreas gramadas, as valas de drenagem, as áreas alagadas, os fragmentos de vegetação, as centrais de resíduos sólidos, dentre outros. A seguir serão apresentados os principais elementos atrativos de fauna e as ações de controle que podem ser adotas no ambiente aeroportuário.

Manejo de vegetação

A cobertura vegetal nas áreas próximas às pistas de pousos e decolagens, com predomínio de gramíneas e vegetação herbácea, figuram entre os principais atrativos de aves no ambiente aeroportuário. Essas extensas áreas gramadas em áreas urbanas se tornam importantes recursos para espécies consideradas de risco para a aviação. Elas são utilizadas principalmente como fonte de alimento, seja diretamente pelas folhagens e sementes, ou de forma indireta pelos invertebrados e pequenos animais que vivem na vegetação (WASHBURN; SEAMANS, 2013).

Definir a melhor forma de manutenção, de modo a reduzir a atratividade de fauna, não é uma tarefa fácil. Manter a grama mais baixa? Deixar a grama mais alta? Qual a frequência adequada do corte? Qual a melhor espécie? Estudos a esse respeito apontam em várias direções. Alguns indicam que manter a grama mais alta, entre 15 e 30 centímetros (cm), desencoraja a presença de aves de risco (BROUGHT; BRIDGMAN, 1980; HUPF; FLOYD, 1995; DEACON; ROCHARD, 2000; LINNELL *et al*., 2009; ABREU *et al*., 2017). Outros sugerem que manter a grama mais alta pode não ser tão efetivo assim (SEAMANS *et al*., 1999) ou, ainda, se mantida muito alta pode atrair pequenos mamíferos como roedores, que por sua vez atraem aves de rapina (HARRIS; DAVIS, 1998). O fato é que não existe receita pronta para a manutenção das áreas gramadas dos aeroportos. Cada aeródromo tem sua realidade, suas espécies problema, devendo, então, realizar as análises necessárias, e personalizadas, para se traçar a melhor estratégia de manejo.

Ainda, devemos considerar que a maioria das referências bibliográficas sobre o tema de altura da grama são em outros países e não necessariamente aplicáveis ao Brasil. Pela extensão territorial do nosso país, há uma complexidade de climas, solos e biodiversidade. Então, devemos ter cuidado ao importar conhecimento de outros locais sem avaliar sua aplicabilidade ao nosso cenário. Portanto, a melhor altura da área gramada deve ser a que tem menor atratividade para as espécies problema do aeródromo e para saber qual é essa medida, é preciso testar em cada sítio ou região.

A diminuição do número de espécies vegetais no aeródromo também é um caminho interessante para a mitigação da atratividade já que reduz a variabilidade de alimento, aí vem a pergunta: qual espécie utilizar? Para responder, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveu algumas pesquisas/experimentos. Os resultados ainda não foram finalizados/publicados, mas se sabe que não será definido apenas um único cultivar para todo o

país. Cada aeródromo deverá escolher sua grama ideal, considerando: a espécie problema, a flora presente, tipo de solo, clima e quais as principais características desejadas.

As principais características desejadas poderão variar entre os aeródromos já que a espécie problema e a localização devem ser consideradas: pouco crescimento vertical, baixa produção de massa seca, boa cobertura do solo, pouca produção de sementes, baixa combustibilidade, bom escoamento de água, tolerância à seca, tolerância ao tráfego veicular, baixa necessidade de manutenção, boa para paisagismo, boa competidora, baixo potencial invasor e pouca atratividade à fauna. Uma única espécie dificilmente terá todas essas características, por isso é importante uma análise criteriosa entre o desejado e o possível na tomada de decisão. Destaca-se ainda, que é importante, por questões ecológicas, que o aeroporto não considere o plantio de espécies exóticas.

Além das características dos gramados, o próprio processo de corte da vegetação pode configurar um atrativo importante para a fauna, já que disponibiliza alimento fácil, especialmente para aves insetívoras e granívoras. Uma alternativa para a redução da atratividade desse processo é a realização dele em horários de menor movimentação das aeronaves no aeroporto e baixa atividade da espécie problema. Na maioria dos aeroportos, esse período será após o pôr do sol. Salientamos que esse tipo de método deve estar bem estabelecido e ser considerado na fase de contratação das empresas terceiras, já que pode gerar custos extras, como de mão de obra e equipamentos de iluminação.

A época do corte em relação ao ciclo de vida das gramíneas também deve ser considerada no planejamento. O corte logo após a produção de sementes, por exemplo, pode gerar a disponibilização de mais recursos alimentares para espécies granívoras. Promover grandes variações na altura de grama também podem potencializar a atratividade. Um exemplo seria esperar a grama atingir medidas acima de 40 cm e em seguida realizar cortes a 10 cm. O volume de aparas será maior e possivelmente os recursos disponibilizados às espécies problema.

Outro fator de extrema importância quando se fala em manejo das áreas gramadas se refere ao recolhimento ou não das aparas de grama após o corte. Junto a esse material está embrenhada uma grande quantidade de invertebrados e pequenos vertebrados, que se tornam um banquete para aves como carcarás, quero-queros, urubus e garças. Por isso, é recomendado que esse material seja removido imediatamente após a realização do corte. No entanto, dois fatores dificultam essa ação: (1) o custo para o recolhimento desse material e (2) a sua destinação final. No mercado existem diversos equipamentos que recolhem as aparas de forma mecanizada e rápida. Porém, muitos aeroportos têm dificuldades para arcar com a compra ou locação desses dispositivos. Quanto a

destinação, por se tratar de volumes gigantescos, enviar para aterros sanitários pode ser inviável. O mais interessante, e sustentável, é buscar o reaproveitamento dessas aparas, como por exemplo, para produção de feno ou uso em compostagem.

Mas a atratividade de fauna em um aeródromo, no que se refere à vegetação, não se restringe às áreas gramadas. É muito comum nesses ambientes a presença de diversos indivíduos arbóreos isolados, em pequenas concentrações e até mesmo formando extensas áreas de fragmentos de vegetação. Nos locais de movimento de aeronaves, denominados de áreas operacionais, é recomendado que não haja esse tipo de formação. Caso ocorra e não seja possível realizar a supressão, é fundamental a identificação e o monitoramento das árvores, especialmente, com frutos que servem de alimento para espécies problema. Sugere-se realizar a poda ainda na fase de floração, antes da formação dos frutos.

Os fragmentos florestais também são uma preocupação, pois representam disponibilidade de abrigo para a fauna, principalmente mamíferos. Quando estão restritos à área patrimonial e o aeródromo possui um bom sistema de proteção (cerca operacional), os fragmentos podem não ser uma fonte de perigo tão relevante. Caso o fragmento esteja na área operacional, ou na área patrimonial, mas o cercamento não é adequado ou inexistente, o acompanhamento dessas áreas deve ser mais rigoroso. Uso de armadilhas fotográficas, camas de pegadas, identificação de vestígios (por exemplo, fezes, tocas, rastros, egagrópilas) será importante para identificar a ocorrência de animais de risco para as operações aéreas. Se identificada essa presença, deve-se buscar o isolamento ou a supressão dos fragmentos. Lembrando que para qualquer tipo de supressão é necessária anuência do órgão ambiental competente.

Controle de focos secundários

Colmeias, cupinzeiros, formigueiros e demais insetos, répteis, anfíbios e pequenos mamíferos que provoquem atração de fauna de risco as operações aéreas são denominados focos secundários, segundo a Instrução Suplementar nº 153.501.001[54]. Em termos ecológicos, eles podem ser definidos como as presas ou recursos alimentares das espécies problema da aviação. Eles também podem ser conhecidos como pragas e vetores, dependendo da espécie e setor que os controla. Ressalta-se que alguns répteis, especialmente de médio e grande porte, podem ser considerados como espécies problema, dependendo do aeroporto (por exemplo, jacarés e tartarugas). Tal determinação será dada pela Avaliação de Risco de Fauna, abordada anteriormente.

Esses atrativos demandam medidas de controle, especialmente na área operacional. Cupinzeiros e formigueiros atraem avifauna insetívora, como o quero-quero (*Vanellus chilensis*), enquanto a presença de pequenos roedores é atrativa para aves rapinantes. Portanto, a verificação de focos secundários deve ser contínua, para fornecer informações que auxiliem no manejo adequado, priorizando erradicar de forma prematura a instalação de colônias de insetos, a reprodução e propagação de pequenas presas, que possam provocar a atração de fauna de risco para a aviação.

Em relação ao controle de invertebrados, por causa dos prováveis efeitos ambientais negativos gerados pelo uso de produtos químicos no combate às colônias de insetos e, considerando a grande extensão das áreas verdes em aeroportos, sugere-se a realização de testes com produtos repelentes de origem vegetal, como o óleo de neem (ou nim), de citronela e fumo diluído. A remoção mecânica dos cupinzeiros e formigueiros também deve ser considerada.

Sobre os focos secundários que envolvem vertebrados (por exemplo, pequenos mamíferos, répteis e anfíbios), o manejo adequado das áreas verdes pode contribuir para a redução de abrigos e disponibilidade de recursos alimentares. A eliminação de outras condições atrativas, como a disposição inadequada de resíduos sólidos e a presença de acessos aos abrigos, é aliada importante na exclusão dos focos secundários na área operacional. Ainda, a redução da disponibilidade de água, especialmente a partir do controle de vazão d'água em valas de drenagens e galerias pluviais ou na eliminação de corpos hídricos em áreas críticas à aviação, são fatores contribuintes à redução da proliferação de focos secundários, especialmente os anfíbios.

Manutenção de valas de drenagem, galerias de água pluvial e áreas alagáveis

Valas de drenagem, galerias de água pluvial, áreas alagadas ou alagáveis com diferentes origens e características, costumam ser um importante atrativo dentro dos aeroportos, especialmente para as aves aquáticas (e os ditos focos secundários, como já mencionado). Visando observar a atratividade que esses sistemas e áreas oferecem à fauna, o monitoramento deve ser realizado de forma contínua.

As chuvas evidenciam a eficiência do sistema de drenagem e expõe áreas de concentração de água pluvial que podem levar horas, dias e até semanas para sua drenagem completa. Portanto, durante o período de maior pluviosidade, as inspeções desses locais devem ser intensificadas, seguindo as exigências da Instrução Suplementar nº 153.501.001[54].

A fim de evitar o acúmulo de água e/ou matéria orgânica que influenciem direta ou indiretamente na atração e permanência de espécies problema, as valas de drenagem e as galerias de água pluvial devem ser mantidas permanentemente desobstruídas, tanto no fundo quanto nas laterais, incluindo a remoção de entulhos, vegetação, lodo, lama etc. O material retirado deve ser tratado conforme previsto no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) do aeroporto, seguindo orientações ambientais pertinentes, e de maneira a evitar a atração de animais no sítio aeroportuário.

Valas de drenagens escavadas e mantidas com terra exposta ou vegetação devem ser evitadas. O ideal são valas revestidas por concreto que necessitam menos manutenção e reduzem as chances de acúmulo de matéria orgânica e, consequentemente, de focos secundários. Adicionalmente, como recomendação, a IS 153.501.001[54] indica que canais de drenagem com fluxo perene de água devem ter suas margens anguladas, preferencialmente com inclinação superior a 60º, para dificultar o acesso da fauna ao interior da vala.

As áreas alagadas, em que se observa o acúmulo temporário de água pluvial, precisam ser, sempre que possível, drenadas. E as depressões no pavimento ou no solo, ainda que rasas, devem ser niveladas a fim de evitar acúmulo de água que venha atrair a fauna na área operacional do aeródromo.

Vale ressaltar que fontes naturais de água, como lagoas, rios e córregos configuram uma fonte de recursos importante para muitas espécies. Dentre elas, destaca-se a capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*), que ocorre em locais com três elementos essenciais: (1) a presença de corpos d´água, (2) capões de mata para abrigo e (3) áreas de campos com gramíneas para pastagem (ALHO *et al*., 1987; FERRAZ; VERDADE, 2001). Como esse cenário atrativo está presente em diversos aeródromos, e pela capivara ter ampla distribuição na América do Sul (REIS *et al*., 2011), com populações crescentes em diversas localidades, é frequente o registro dessa espécie em ambientes aeroportuários. Ainda, por ser o maior roedor herbívoro vivente (REIS *et al*., 2011), com massa corporal de até 90 kg (MONES, 1973 *apud* MONES; OJASTI, 1986), a colisão com um único indivíduo pode gerar danos significativos em uma aeronave e resultar em acidente aeronáutico.

Para os casos de presença de espécies residentes em áreas operacionais e atraídas por recursos naturais, nenhuma resolução costuma ser simples. Geralmente envolvem grandes investimentos de tempo e recursos financeiros para o monitoramento, planejamento e execução das ações mitigadoras. No caso de existência de lagoa, por exemplo, a IS nº 153.501.001[54] recomenda que, se possível, a mesma deve ser drenada.

Adianta-se que, além da modificação do ambiente, medidas de exclusão física são importantes de serem consideradas, como o cercamento para o interrompimento do acesso ao recurso natural. Também deve ser avaliado o manejo direto, com a remoção da fauna para áreas de menor risco às operações aeroportuárias.

Gerenciamento de resíduos sólidos

Cachorros domésticos (*Canis familiaris*), gatos domésticos (*Felis catus*), urubus de cabeça preta (*Coragyps atratus*), pombos domésticos (*Columba livia*) e roedores estão entre as principais espécies que podem ser atraídas por resíduos sólidos armazenados de forma inadequada dentro dos aeroportos. Portanto, é importante que as lixeiras e *containers* existentes no sítio aeroportuário sejam acondicionadas em local apropriado e providas de tampas. Esses recipientes devem possuir capacidade compatível à demanda de resíduos produzidos, assim como serem esvaziados frequentemente, dando especial atenção aos resíduos orgânicos. Essas ações são recomendadas pela IS 153.501.001[54] para evitar a presença ou atração de espécies problema no sítio aeroportuário.

A empresa de limpeza contratada, ou equipe orgânica, precisa ser sensibilizada sobre a relação dos resíduos com o risco de fauna. Além disso, a central de resíduos e os locais de armazenamento temporário devem ser alvo constante de vistoria com foco no risco de fauna. Por serem locais que concentram os resíduos sólidos gerados, a limpeza e organização desses espaços são extremamente importantes. Tais ações devem evitar a proliferação de pragas e vetores, e as possíveis consequências à atratividade de fauna de risco à segurança operacional.

Carcaças de animais provenientes ou não de colisões com aeronaves devem ser recolhidas o mais breve possível, devido ao seu grande potencial atrativo às espécies saprófagas, como os urubus (Família *Cathartidae*). As carcaças devem ser acondicionadas conforme definido no PGRS do aeródromo, e legislação pertinente. Preferencialmente, devem ser colocadas em saco plástico branco leitoso, próprio para descarte como material biológico infectante e armazenadas em freezer específico para destinação às instituições de pesquisa parceiras. Caso não existam parcerias firmadas, o material deve ser destinado conforme estabelecido no PGRS. Por conta de impactos ambientais negativos não se recomenda o enterramento das carcaças.

Como estamos falando de recursos alimentares, acrescentamos a importância da conscientização da comunidade aeroportuária e do entorno sobre os riscos associados a alimentação intencional de animais domésticos dentro, e nas proximidades, do sítio aeroportuário. Evitar o

contato físico com o animal também contribui para o desinteresse do animal em retornar ao aeroporto.

Manutenção de dispositivos de esgotamento sanitário

De acordo com o Manual de Boas Práticas no Gerenciamento de Risco da Fauna (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), 2022), dentre as várias condições ou habitats em um aeródromo que podem proporcionar a atratividade de fauna estão os dispositivos de esgotamento sanitário, seja por meio da atração de fauna pelo odor ou pela possibilidade de proliferação de anfíbios em tanques de tratamento.

Lagoas de estação de tratamento de esgoto também podem representar um atrativo de fauna devido a concentração de microalgas, favorecida pelo constante aporte de esgoto doméstico, configurando farto alimento às aves aquáticas, especialmente da Família *Anatidae* (GROSE; CREMER, 2011). Portanto, devem ser previstos procedimentos para evitar que estruturas referentes ao esgotamento sanitário, assim como estações de tratamento de esgoto, sejam essas de responsabilidade do aeroporto ou não, exerçam atração de animais que possam provocar risco às operações aéreas.

Ainda de acordo com o Manual de Boas Práticas (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC), 2022), as ações mitigadoras incluem evitar a existência de estruturas que depositem e transportem o esgoto a céu aberto, mantendo tanques de tratamento de efluentes, calhas de medição de vazão e estações elevatórias fechadas com grades para evitar o acesso de aves. Além disso, os padrões ambientais exigidos pelos órgãos competentes devem ser atendidos, de maneira a evitar a eutrofização do meio aquático e a alteração da comunidade biótica do ambiente. Caso contrário, podem representar um importante fator atrativo à fauna, conforme já mencionado.

Uma gestão cuidadosa do gerenciamento de risco de fauna (FAA, 2020) e a busca por novas tecnologias (KENNAMER *et al*., 2013) são aliados importantes para mitigar a atração indesejável da fauna, associadas às atividades que envolvem o tratamento de águas residuais.

Exclusão física

A terceira prioridade das medidas de gerenciamento de risco de fauna é a exclusão física (Figura 4). Não menos importante do que o item anterior, essa etapa considera evitar o acesso da

fauna ao foco atrativo, especialmente quando a modificação do ambiente não for possível. Sabemos que diversas vezes, por maior que sejam os esforços para redução de alguns atrativos, o sítio aeroportuário continua sendo atraente para espécies problema. Ou seja, o interesse da fauna no acesso a essa área provavelmente será permanente.

Na analogia com o açucareiro, poderíamos dizer que a exclusão física se assemelha a colocar o açucareiro sobre um prato com água, no qual a água será uma barreira física. A seguir serão apresentadas as principais ações que são utilizadas para evitar o acesso da fauna a um determinado foco de atração dentro do ambiente aeroportuário.

Adequações em edificações, equipamentos e demais implantações

Espécies de animais que oferecem risco às operações aéreas podem encontrar uma grande quantidade de edificações, equipamentos e estruturas que servem de poleiro ou abrigo dentro de um sítio aeroportuário. Hangares, terminais de passageiros, instrumentos de navegação aérea, torres de iluminação, massas falidas (por exemplo, aeronaves desativadas), estruturas/construções em desuso, galpões e canteiros de obras estão entre os itens que devem ser observados durante as vistorias de fauna.

O uso dos equipamentos e estruturas verticalizadas (por exemplo, placas de sinalização) costumam estar associados ao empoleiramento de gaviões, falcões e urubus. Enquanto as atenções quanto ao uso de edificações como abrigo estão relacionadas, além de urubus e pombos, aos mamíferos não-voadores, como cachorros domésticos, cachorros-do-mato, gatos domésticos e gambás.

Estruturas de alvenaria, edificações, equipamentos e demais implantações verticalizadas que não possuam funcionalidade na área operacional do aeródromo devem ser eliminadas. Em locais onde não é possível remover a estrutura, deve ser avaliada a instalação de barreiras físicas, tais como grades, telas, redes, cortinas, espículas e fios de *nylon*. Dentre as ações relacionadas a esse tema estão:

- Instalar espículas para impedir o empoleiramento de aves no topo de edificações, equipamentos e demais implantações verticalizadas;
- Testar o uso de efígies em estruturas em altura, como torre de controle, equipamentos de auxílio à navegação e torres de iluminação (efígies não configuram método de exclusão física, mas destinam-se a evitar a presença de espécies problema);

- Utilizar produtos que reduzam a estabilidade das aves nos poleiros, desde que devidamente legalizados pelos órgãos ambientais e de vigilância sanitária, como colas;
- Fazer o uso de concertinas em proporções e disposições previamente testadas, para evitar o pouso de aves em mourões ou o acesso de mamíferos escaladores;
- Manter as caixas de inspeção de todas as redes de infraestrutura devidamente fechadas e/ou gradeadas;
- Manter os acessos às edificações (portas, janelas, vãos) fechados e, quando necessário, repor vidros quebrados; e
- Instalar grades ou telas nas demais frestas das edificações, incluindo espaços entre lajes e telhados.

A eficiência das ações implementadas depende do número de estruturas consideradas, pois as aves repelidas de um poleiro simplesmente se mudam para poleiros adjacentes e continuam presentes na área (STOLEN; TAYLOR, 2003; AVERY *et al*., 2006).

Como recomendação, a IS 153.501.001[54] indica que canais de drenagem com fluxo perene de água e lagoas devem preferencialmente ter bordas com angulação de bordas superior a 60º. Adicionalmente, e especialmente quando não for possível manter as margens anguladas, devem ser empregadas redes ou fios para evitar o acesso da fauna à água. Caso essa técnica seja empregada, o espaçamento entre os fios deve ser definido considerando a envergadura das espécies problema que se deseja excluir. Também se recomenda a instalação de bandeiras de 10x6 cm² para demarcar a localização dos fios.

Por geralmente se tratar de áreas extensas, conferindo grandes investimentos de aquisição e manutenção, os custos benefícios da instalação de fios/redes em valas e lagoas deve ser cautelosamente avaliada e previamente testada. Além disso, é necessário observar se essas estruturas não prejudicarão o bem-estar da fauna, permitindo que a fauna passe pelas barreiras (entre fios), mas não consiga sair, funcionando como uma armadilha e podendo acarretar a morte de indivíduos.

Implantação e manutenção do sistema de proteção

Barreiras físicas como cercas, muros, portões e grades visam evitar o acesso de espécies da fauna não voadora, presentes no entorno do aeródromo. O manual de serviços aeroportuários (DOC 9137 - Parte 3, 2020[64]), publicado pela International Civil Aviation Organization (ICAO), ressalta que o cercamento completo, com altura e demais características adequadas, é o principal método de prevenção do acesso de animais não-voadores de riscos à aviação.

O CENIPA, por meio da Divulgação Operacional (DIVOP) nº 005/2015[65], recomenda que as cercas operacionais de aeródromos possuam as seguintes características:

I. Distância mínima de 5 metros entre as copas de árvores em lados distintos da cerca operacional;

II. Uso de concertina sobre a cerca para impedir o uso do local como ponto de pouso de aves ou acesso de animais escaladores;

III. Porção superior do suporte da cerca com ângulo negativo e com curvatura voltada para fora da área a ser isolada, para impedir o acesso de animais escaladores;

IV. Suporte da concertina com largura inferior a 15 cm e se apresentar completamente dentro dos anéis da concertina;

V. Tanto as bases de suportes como a tela, tipo alambrado, devem ter profundidade mínima de 50 cm no nível do solo, a fim de evitar o acesso de animais escavadores;

VI. Que toda a cerca tenha alicerce de concreto, não somente as bases de suportes (mourões);

VII. Em acessos alternativos a áreas de operações (portões, canais de drenagem, rios etc.) devem ser instalados obstáculos que impeçam o acesso de animais terrestres;

VIII. Também é recomendação do CENIPA, em seu Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna (MCA-3-8/2017, item 5.10.49[66]): A altura recomendada da cerca operacional para fauna é de 2,0 m até o início da angulação negativa, que serve para impedir a entrada de animais vindo de fora da área operacional, também chamado Lado Ar.

[64] Disponível em http://birdstrike.org/wp-content/uploads/2014/10/ICAO-AirportServicesManual-Part3-FourthEdition-2012.pdf. Acesso em 24/01/2023.

[65] Disponível em https://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/divop.php. Acesso em 24/01/2023.

A Figura 5 exemplifica a recomendação do CENIPA:

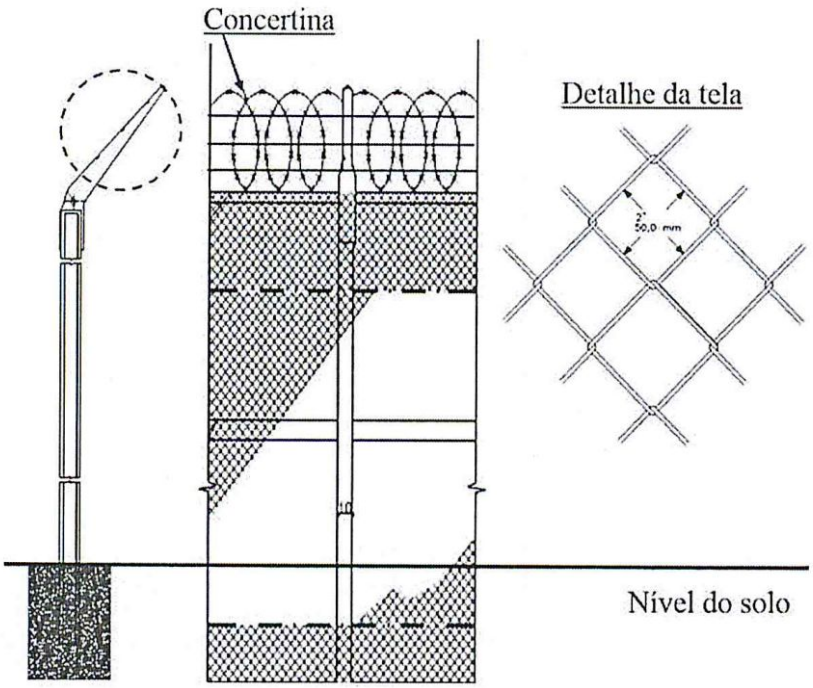


Figura 5 – Características recomendadas em cercas de áreas operacionais de aeródromos visando evitar o acesso de espécies problemas. Nota: Obtido de Divulgação Operacional (DIVOP) nº 005/2015. Fonte: BRASIL (2015).

No entanto, para que essas barreiras sejam eficientes em seu propósito, faz-se necessário a realização de inspeções periódicas no sítio aeroportuário para identificação de vulnerabilidades, conforme preconiza o RBAC 153[53]. As falhas no sistema de proteção, por menores que sejam, possibilitam que os animais, principalmente mamíferos, forcem a estrutura e acessem o sítio aeroportuário.

O cachorro doméstico (*Canis familiaris*), o cachorro do mato (*Cerdocyon thous*) e a capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*) são alguns exemplos de espécies de tamanho significativo que costumam estar envolvidas em ocorrências decorrentes de falhas no sistema de proteção. Portanto, devem ser estabelecidas ações emergenciais para o devido reparo nos locais onde for observado rupturas ou vulnerabilidades.

66 Disponível em https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/prevencao/risco-de-fauna/mgrf. Acesso em 24/01/2023.

Não podemos esquecer que os componentes do sistema de drenagem, como manilha e galerias, essenciais para o escoamento de águas, também possibilitam o acesso da fauna à área operacional, ou podem ser utilizados como abrigo. É importante que as extremidades desses componentes possuam bloqueios para impedir a passagem de animais, podendo ser empregadas tiras ou fitas plásticas, correntes ou grades de proteção, contanto que o emprego de tais dispositivos não altere a vazão prevista para o sistema de drenagem (IS 153.501.001[54]; MCA-3-8, 2017[66]) e nem sirva de armadilha para os animais (possibilitando a entrada, mas não permitindo a saída da estrutura).

ELABORANDO O PLANO DE MANEJO DE FAUNA EM AERÓDROMO (PMFA)

Quando identificada a necessidade de adoção de medidas de manejo direto da população de alguma espécie de fauna listada como problema em um aeródromo, deve ser elaborado o PMFA, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 466, de 05 de fevereiro de 2015[57]. Segundo essa resolução, o PMFA é o documento técnico que especifica detalhadamente as intervenções necessárias no meio ambiente, natural ou antrópico, de um aeródromo ou diretamente nas populações de espécies da fauna, nativa ou exótica, com o objetivo de reduzir o risco de colisões com aeronaves.

Conforme ilustrado pela Figura 6, vários aspectos precisam ser observados durante a elaboração e execução de um PMFA. Tudo começa pela análise do cenário atual do aeródromo em questão, por meio de um diagnóstico da área, passando pelo histórico das ocorrências e pela análise do risco de fauna para cada espécie presente no aeródromo. Em posse dessas informações, definem-se as metas, que para alcançá-las demandarão de ações que envolverão intervenções no meio ambiente e manejo, se necessário, das espécies problema.

Para avaliar se os objetivos traçados serão atingidos, o monitoramento contínuo, por meio de métodos adequados, das ações e das espécies problema deve ser conduzido. Eles fornecerão os dados necessários, que após serem tratados e analisados, gerarão as informações e indicadores que apontam o sucesso ou a necessidade de ajustes no PMFA.

Figura 6 – Etapas do Plano de Manejo de Fauna em Aeródromos (PMFA). Fonte: ProHabitat.

Como pode ser observado, além das medidas que serão aplicadas diretamente sobre as populações de espécies da fauna, a resolução também solicita que se informe sobre as intervenções no ambiente, assunto que tratamos anteriormente. Neste item, focaremos principalmente nas ações de manejo direto da fauna. Observem que falaremos agora da parte superior da pirâmide de prioridades do gerenciamento de risco de fauna: dispersão, captura, translocação e abate.

Salientamos que a dispersão não demanda, necessariamente, de um PMFA, mas para tratar das medidas que envolvem diretamente a fauna em um mesmo tópico, vamos manter esse assunto neste item. Sugerimos que, se houver dúvidas sobre a necessidade da anuência do órgão ambiental para implantar ações de afugentamento, o operador aeroportuário consulte o órgão previamente.

Explicando em mais detalhes a Figura 6, de acordo com a Resolução CONAMA nº 466[57], a elaboração do PMFA deve compreender algumas etapas, que incluem:

I. Realização de um diagnóstico ambiental do aeródromo e do seu entorno, devendo abranger caracterização geomorfológica, inventário das espécies que representam risco às operações aéreas, descrição dos habitats relacionados com as espécies de risco, descrição dos focos atrativos e censo faunístico das espécies problema conforme metodologia descrita pela mesma Resolução;

II. Histórico dos últimos cinco anos de colisões com fauna para cada dez mil movimentos de aeronaves;

III. Avaliação do risco de colisão com fauna, de acordo com metodologia também descrita pela resolução;

IV. Definição de metas para o controle e redução do risco de colisão entre aeronaves e a fauna no aeródromo; e

V. Definição das ações de manejo para atender a cada uma das metas.

A seguir detalharemos algumas técnicas e as principais ferramentas em uso em aeródromos brasileiros. No entanto, não temos a intensão de exaurir todas as possibilidades ou de mostrar todos os métodos utilizados em aeroportos ao redor do mundo, mas de trazer quais são as mais comuns no nosso país e como são utilizadas. Além disso, com os avanços tecnológicos, novas opções estão emergindo e devem ser consideradas.

Os métodos de manejo a serem adotadas em um aeroporto dependerá do grau de fidelidade do animal ao ambiente aeroportuário. A ilustração da Figura 7 demonstra essa relação. Se o animal utiliza áreas do aeródromo como uma rota de passagem ou um eventual local de descanso, simples medidas de dispersão podem ser suficientes para reduzir a sua presença. Conforme essa relação vai se intensificando e o sítio aeroportuário constitui parte da vida do animal, as medidas de controle deverão ser mais intensas, invasivas e custosas.

Figura 7 – Gradiente de atividades da fauna em escala progressiva de fidelidade ao ambiente aeroportuário e a resistência às ações de manejo de controle.

Afugentamento de fauna

Visando manter a segurança das operações aéreas em um aeródromo, equipes de gerenciamento de risco de fauna, fiscais de pátio e pista, e/ou bombeiros de aeródromo atuam em áreas operacionais, com foco na identificação de situações de risco, podendo agir de modo a mitigá-lo e permitir a operação segura dos pousos e decolagens. Nesses casos, devem ser realizados os

afugentamentos dos animais até que o risco de colisão seja reduzido. Para essa ação são utilizados, principalmente, repelentes auditivos e visuais, como pirotécnicos, sons, deslocamento de veículos e sinais luminosos e visuais, conforme serão descritos a seguir.

As técnicas de afugentamento não letais efetivas devem afetar algum receptor físico ou percepção fisiológica da espécie alvo. Para aves e mamíferos, os receptores primários são, no geral, auditivos, visuais e táteis. No caso do uso de equipamentos com som, é necessário considerar a frequência de som audível da espécie em questão. Da mesma forma, o uso de métodos visuais deve ser posterior a uma análise da percepção do animal em relação ao estímulo que será aplicado. Outros fatores como período reprodutivo, disponibilidade de recursos alimentares e predação também poderão interagir para aumentar ou diminuir o efeito do repelente (BLACKWELL; FERNÁNDEZ-JURICIC, 2013; SEAMANS *et al*., 2013). A localidade do aeroporto em relação a incidência solar e pluviosidade também deve ser considerada para a escolha dos melhores métodos.

Ressaltamos que todas as técnicas devem ser utilizadas com atenção ao resultado do comportamento dos animais. É comum ver relatos de métodos que foram eficientes e eficazes, mas perderam seu potencial mitigador com o tempo. Isso acontece pela habituação dos espécimes a um estímulo que não necessariamente representava um perigo real. Tal alteração comportamental é espécie específica e população específica, isto é, varia entre as espécies e até entre populações da mesma espécie (em localidades diferentes). Esse tipo de resultado reforça a importância de o gerenciamento de risco de fauna ser executado por profissionais habilitados em fauna e capacitados no tema.

De forma geral, para minimizar essa habituação se deve ter cautela no uso de quaisquer técnicas em relação a sua periodicidade e dinâmica. Os estímulos não devem ter uma agenda rotineira, como “soltar fogos todos os dias às 6 horas da manhã”. Sendo assim, sugere-se, caso seja necessário e possível (com as autorizações ambientais pertinentes), que os métodos de afugentamento estejam associados às demais técnicas de controle de fauna em uso no aeródromo (MOTT; TIMBROOK, 1988).

O afugentamento também pode gerar um efeito negativo, deslocando os espécimes em direção às aeronaves em operação. Portanto, o emprego dessa técnica deve ser planejado por especialistas em fauna, e executado por profissionais capacitados que estejam conscientes dos aspectos comportamentais da fauna e conheçam o ambiente aeroportuário. A tomada de decisão da realização de um afugentamento deve passar por uma avaliação de risco e ser alinhada com a Torre

de Controle, Fiscais de Pátio e Pista e outros profissionais do aeroporto para que ela seja coordenada e obtenha o sucesso desejado.

Pirotecnia

A pirotecnia é uma estratégia reconhecida como eficiente e utilizada em aeroportos de todo o mundo, mas por causa do risco de habituação das aves, deve ser empregada em casos específicos e com moderação (HARRIS; DAVIS, 1998; SEAMANS *et al*., 2013). Essa técnica envolve a emissão de forte barulho, proveniente de uma grande variedade de projéteis disparados de detonadores, espingardas, rifles e pistolas (BELANT; MARTIN, 2011). Alguns emitem ruídos altos e fortes, outros produzem flashes de luz, ainda existem aqueles que podem unir ruídos e luzes no mesmo cartucho (HARRIS; DAVIS, 1998; SEAMANS *et al*., 2013).

No Brasil, uma das estratégias mais empregadas para afugentamento de fauna em aeródromo são os fogos de artifício (Figura 8). Alguns outros países utilizam outros equipamentos (por exemplo, pistolas), mas por não existir um fornecedor nacional e pelas dificuldades de importação do produto, que é considerado material bélico, ainda não há registros do uso desses no nosso país.

Os fogos mais utilizados são os rojões de 12 tiros. O emprego desse método se mostra eficiente no afugentamento, de forma imediata e emergencial, das espécies problema como o carcará (*Caracara lancus*), os urubus (Família *Cathartidae*) e as garças (Família *Ardeidae*)[67]. Quanto a periodicidade do uso dos fogos, eles devem ser utilizados de forma dinâmica, quando identificada a presença de espécies problema nas vistorias/monitoramentos ou quando solicitado pela Torre de Controle e pelo operador aeroportuário, buscando sempre evitar o uso em demasia para minimizar a habituação das aves.

[67] Observação pessoal do autor.

Figura 8 – Uso de fogos de artifício para afugentamento de fauna em aeroportos. Fonte: ProHabitat.

Canhão de gás

Equipamento constituído de um canhão acoplado a um dispositivo que fornece gás e um mecanismo de ignição para gerar explosões de alta intensidade. Tem como propósito assustar aves e outros animais silvestres, tendo emprego em diversas atividades, como agricultura e aeroportos (BELANT; MARTIN, 2011) (Figura 9). No ambiente aeroportuário, ele pode ser utilizado em locais com aglomeração temporária de aves, como no momento de roçagem das áreas gramadas, tendo como alvos principais os carcarás, as garças e os pombos. É fundamental que haja diferentes intervalos de tempo entre os estampidos e rotatividade dos pontos de uso desse equipamento para que não haja habituação por parte das aves, além de precisar estar integrado a um conjunto de outros métodos de controle de fauna e não ser o principal deles (HARRIS; DAVIS, 1998; SEAMANS *et al*., 2013).

Esse equipamento tem a desvantagem de ser pesado e de difícil locomoção. Para minimizar esses aspectos e melhorar o desempenho dessa ferramenta, há outras opções, no mercado

internacional, como: canhões com giro, possibilitando o direcionamento mais fácil do estímulo; acoplados em plataformas com rodas (essa opção pode ser adaptada localmente); com acionamento à distância; e, com placas solares. No Brasil ainda não há essa variedade de opções.

Figura 9 – Canhão de gás utilizado para afugentamento de fauna em aeroportos. Fonte: ProHabitat.

Outros repelentes auditivos

Além dos sons de estampido mencionados anteriormente, a utilização de equipamentos projetados para emitir outros efeitos sonoros, sons agonísticos e de alerta (Figura 10) são utilizados em aeroportos (SEAMANS *et al*., 2013). Os efeitos sonoros podem ser sons de buzina, simulação de fogos de artifício, dentre outros. Os sons agonísticos e de alerta são vocalizações de espécies da fauna que vão gerar algum efeito repulsivo nos animais alvos do afugentamento, que pode ser uma vocalização de agonia da própria espécie ou de um predador, por exemplo.

A periodicidade e dinâmica de uso deve ser semelhante ao da técnica de pirotecnia, tendo cautela em seu uso para evitar habituação e devendo sempre estar associado com outras técnicas de

controle de fauna em uso no aeródromo (MOTT; TIMBROOK, 1998). Adicionalmente, destaca-se a importância do conhecimento das espécies problema, já que nem todos possuem o sentido da audição desenvolvido ou emitem sons agonísticos, e é necessário saber a faixa de frequência audível da espécie alvo.

Os equipamentos sonoros podem ser acoplados em viaturas operacionais ou serem móveis, facilitando o uso em locais específicos onde esteja havendo concentração de espécimes alvo (Figura 10). No mercado há diversos apetrechos que não são focados no uso em aeroportos, mas podem ser facilmente adaptados.

Figura 10 – Modelo de sirene móvel utilizada para afugentamento de fauna em aeroportos. Fonte: ProHabitat.

Veículo

Ao longo do tempo, com a habituação dos animais, os veículos utilizados pelas equipes de fauna de um aeródromo, ou mesmo equipes operacionais, durante as ações de afugentamento, tornam-se também um agente dispersivo. O que se entende é que algumas espécies podem relacionar a chegada do veículo com alguma perturbação, como o uso de fogos de artifício, e isso, com o tempo, faz com que a simples aproximação da viatura tenha efeito de dispersão (DESOKY, 2014). Tal condição não deve ser considerada como regra para todos os aeroportos e a técnica deve ser utilizada apenas nas situações em que o risco seja baixo ou moderado e ações de dispersão mais ostensivas não sejam necessárias.

Chicote de estalo

Trata-se de um equipamento simples, similar ou mesmo igual ao chicote comum usado por criadores de gado e cavalos (Figura 11). Tem sido utilizado como instrumento para afugentar aves de diversas espécies em aeroportos e aterros sanitários na Austrália (AUSTRALIA AIRPORTS ASSOCIATION, 2015) e no Brasil[68]. Sua eficiência para dispersar aves vem do ruído de explosão gerado quando o chicote atinge a velocidade do som. Como todas as técnicas, observamos que o seu uso é mais eficiente para umas espécies e não para outras.

Figura 11 – Chicote de estalo utilizado como ferramenta para afugentamento de fauna em aeroportos. Fonte: ProHabitat.

[68] Observação pessoal do autor.

Efígies

As efígies, conhecidas popularmente como espantalhos, são representações de animais (ou até pessoas). Elas podem ser totalmente artificiais (confeccionadas em plástico, por exemplo), feitas a partir de carcaças taxidermizadas ou compor elementos naturais e artificiais no mesmo exemplar. Assim, como usado na agricultura (mais comum em pequenas propriedades), a intenção dessa técnica é simular uma ameaça às espécies problema e afugentá-las de um determinado local dentro do sítio aeroportuário.

As representações ou taxidermias podem ser de predadores da espécie problema ou, ainda, da mesma espécie que se deseja afugentar (Figura 12). A eficácia da técnica dependerá do tipo de efígie, da espécie alvo e do ambiente que é utilizado pela espécie (ninho, poleiro, locais de forrageio) (BELANT; MARTIN, 2011).

A habituação de várias espécies problema com o uso das efígies é frequentemente relatada. As histórias costumam ser similares, num primeiro momento os indivíduos foram afugentados, mas depois de alguns dias retornaram e até pousaram na efígie, já que perceberam que não havia um perigo real. Para evitar esse tipo de situação ou aumentar o tempo de eficiência da técnica, sugerimos que a réplica seja mudada de lugar com frequência e que possua algum movimento. Caso seja uma imitação de um mamífero, por exemplo, prender algo, como um plástico que irá se mover com o vento, pode ajudar nessa percepção de que não é apenas uma estátua.

Sugerimos o uso de carcaças íntegras e taxidermizada de animais envolvidos em colisões ou do manejo de fauna no aeródromo. No caso de efígies artificiais, podem ser feitos bonecos de materiais como borracha (EVA), simulando o animal inteiro, ou apenas a silhueta (Figura 12). O local de instalação das efígies deve ser em estruturas que estão em uso pela espécie que se deseja afugentar, como poleiros, abrigos ou áreas de forrageio.

A efígie demonstra resultados positivos para espécies de urubus (Família *Cathartidae*), aves que estão entre as que mais causam risco às operações aéreas no Brasil. Diversos estudos investigaram o uso dessa estratégia para dispersar urubus de cabeça preta (*Coragyps atratus*) e vermelha (*Cathartes aura*) e evitar o uso de estruturas, principalmente torres de comunicação e dormitórios (AVERY *et al*., 2002; TILLMAN *et al*., 2002; BALL, 2009). Alguns resultados indicaram que a durabilidade do efeito da efígie pode chegar até a cinco meses pós-tratamento

(AVERY *et al*., 2002), demonstrando assim ser um método efetivo para reduzir o uso de determinadas áreas por espécies de urubus (BELANT; MARTIN, 2011).

Figura 12 – Efígie simulando urubu de cabeça preta (*Coragyps atratus*) para afugentar aves da mesma espécie em equipamentos de auxílio a navegação em aeroportos. Fonte: ProHabitat.

Falcoaria

Consiste na utilização de aves de rapina treinadas para afugentar e/ou capturar as espécies alvos presentes no interior do sítio aeroportuário (Figura 13). A técnica simula as interações naturais entre presa e predador no meio ambiente. Tem como objetivo inserir um predador no local para tornar o ambiente hostil para as espécies que se sentem confortáveis em utilizar o ambiente aeroportuário como local de repouso, forrageamento e nidificação. Esse método já foi testado em aeroportos de diversos países, onde as aves bem treinadas podem dispersar espécies problema. Salienta-se que, para melhor eficácia da técnica, a falcoaria deve ser associada com outras técnicas de dispersão (ERICKSON *et al*., 1990). Outro aspecto a ser considerado é o custo mais elevado

quando comparado com outras estratégias de dispersão, além de poder haver escassez de profissionais qualificados e das próprias aves de rapina (ERICKSON *et al*., 1990).

Figura 13 – Técnica de falcoaria utilizada para afugentamento de aves em aeroportos. Fonte: ProHabitat.

Cão

O uso de cães treinados tem se tornado frequente em aeroportos de diversos países, incluindo no Brasil, tendo sua eficácia considerada promissora (BELANT; MARTIN, 2011). Semelhante à falcoaria, insere no habitat dos animais a presença de um "predador", tornando o ambiente mais "perigoso". Os cães são usados, especialmente, para realizar atividades de dispersão da fauna, localização de ninhos/ovos e carcaças de animais no sítio aeroportuário. O desafio para uso dessa técnica é similar à falcoaria, já que necessita de profissionais mais especializados e treinamento de animais.

Figura 14 – Cão treinado para controle de fauna em aeroportos. Fonte: Inframerica/Aeroporto de Brasília.

Laser

É um equipamento que emite um feixe de luz potente e gera desconforto visual nas aves, com opções manuais ou acopladas em bases com radar ou sem (Figura 15). Atualmente, não há produção desse equipamento no Brasil. Ele tem sido utilizado para dispersar aves, porém os resultados positivos variam de acordo com a espécie alvo, com o tipo de feixe de luz (por exemplo, cor) e a intensidade de incidência solar da localidade (funciona melhor em ambientes de menor claridade, com mais nebulosidade) (BELANT; MARTIN, 2011). Sua eficácia aumenta em horários ou dias com menos luminosidade (BELANT; MARTIN, 2011). Podem ser utilizados em dormitórios e poleiros de aves (GLANHN *et al*., 2000; BLACKWELL *et al*., 2002; GORENZEL *et al*., 2002), assim como em áreas gramadas (BLACKWELL *et al*., 2002).

Figura 15 – Laser utilizado para afugentamento de aves. Fonte: Portek Ltd.[69]

Outros métodos

Como já mencionado, a lista de estratégias de afugentamento não se restringe a essas que acabamos de apresentar. Existe uma infinidade de métodos utilizados em aeroportos ao redor do mundo descritos em livros, artigos, relatórios e revisões. Além, de o avanço tecnológico estar contribuindo cada vez mais com novas ferramentas. Focamos aqui naquelas mais utilizadas no Brasil e que podem ser relativamente fáceis de serem aplicadas.

Outras estratégias podem incluir a simulação de um predador, o resultado de um ataque de predador ou algum objeto estranho que cause desconforto ao animal. Os elementos utilizados podem incluir luzes, fitas refletivas, chamarizes de predadores, bonecos simulando predadores, pipas, balões e fumaça (BELANT; MARTIN, 2011). Os veículos não tripulados/drones também têm sido uma ferramenta testada para dispersar aves em aeroportos (ALIASGHARI *et al*., 2020).

Captura de fauna

Obviamente, nem sempre as espécies-alvo de afugentamento responderão como planejado. Quando a quantidade de recursos dentro do aeródromo supera o incômodo causado pelos afugentamentos, os espécimes da fauna tenderão a continuar utilizando o ambiente. Você pode se

[69] Disponível em https://youtu.be/OsCS3adLO0A. Acesso em 7/08/2023.

perguntar: mas porque não foram removidos todos os atrativos? Infelizmente, nem sempre é possível realizar tal tarefa. Sendo assim, dependendo da espécie, é necessário partir para ações que envolvem captura e destinação dos animais para outras áreas. Voltando à Figura 4, precisamos subir um pouco mais na pirâmide de ações.

A destinação dos animais capturados, tanto domésticos quanto silvestres, precisa ser planejada por qualquer aeroporto, independentemente de se ter um manejo sistemático ou não. Isso porque é corriqueiro o atendimento de indivíduos feridos em colisões ou a captura emergencial de espécimes que estão muito próximos à área de movimento das aeronaves. No caso de se planejar o manejo direto, envolvendo capturas, o órgão ambiental solicitará a destinação dos indivíduos capturados, que pode ser:

- Soltura Branda: soltura imediata dentro do sítio aeroportuário com habitat adequado ao animal. Recomenda-se que aconteça quando se trata de animais de pequeno porte, saudáveis, que são de baixo risco para a segurança aérea;
- Destinação aos parceiros: Centros de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres (CETRAS), Centros de Controle de Zoonoses (CCZ), Universidades e ONGs; e
- Translocação de indivíduos de espécies problema para áreas distantes do aeródromo.

Normalmente, as capturas de fauna em um aeródromo ocorrem nas seguintes situações:

- Captura emergencial: quando há um animal saudável ou ferido na área de movimento de aeronaves ou nas proximidades e apenas o afugentamento não é suficiente para mitigar o risco de colisão com aeronaves; e
- Captura planejada: quando a captura é realizada, de maneira sistemática, para controle populacional de espécies problema, a fim de mitigar o risco de colisão com aeronaves.

No procedimento de captura, podem ser utilizados equipamentos como armadilhas do tipo *Tomahawk*, do tipo funil ou covo, redes de neblina, tapetes de laço (*Bal-chatri*), canhão de rede, dentre outros. As capturas manuais devem ser realizadas com o auxílio de luvas, gancho, pinção, cambão, laço, técnicas de falcoaria, a depender do grupo taxonômico e da necessidade.

Para uso de qualquer tipo de armadilha, alguns aspectos devem ser considerados. Esses artifícios normalmente se tornam um atrativo para diversas espécies de fauna por conta das iscas.

Assim, elas devem ser dispostas em locais seguros para as operações aérea, evitando atração de espécies de risco em áreas de movimentação de aeronaves. A fim de garantir o bem-estar dos animais, fatores como incidência solar e perturbação humana também devem ser levados em consideração na disposição das armadilhas.

A equipe técnica deve definir os horários/períodos em que as armadilhas permanecerão abertas, devendo ser considerados os hábitos da espécie alvo e o sucesso de captura de acordo com cada grupo faunístico. Após a abertura das armadilhas, devem ser realizadas checagens periódicas, evitando estresse do animal capturado. Para armadilhas que usam alimento como isca, deve-se avaliar os hábitos alimentares das espécies-alvo. Normalmente são utilizadas como isca: carnes, sardinhas, frutas, folhas, dentre outras opções.

Armadilha *Tomahawk*

Consiste no uso de uma armadilha retangular de metal, que possui uma porta de entrada e um gatilho, geralmente em forma de gancho ou pedal, que ao ser acionado, ocasiona no fechamento da porta, aprisionando o animal. Esse método é comumente utilizado para a captura de mamíferos e aves de rapina. Uma desvantagem desse apetrecho é que, na maioria das vezes, apenas um indivíduo é capturado por vez.

Armadilha tipo funil ou covo

Trata-se de uma armadilha de médio a grande porte, que possui entradas do tipo funil, onde a ave consegue adentrar com facilidade. Porém, por possuírem esse formato em funil, a abertura interna é estreita e os indivíduos que adentram não conseguem sair. Uma vantagem desse tipo de armadilha é que ela permite a captura de vários indivíduos ao mesmo tempo. Também não é necessário que a equipe técnica permaneça no local sempre que a armadilha estiver aberta, podendo ser monitorada em intervalos de tempo maiores.

Armadilha de laço (*Bal-chatri*)

São armadilhas desenvolvidas para capturar aves de rapina. Consiste na instalação de laços sobre uma estrutura onde um pequeno animal vivo (por exemplo, roedores ou aves) é colocado para servir de atrativo para a espécie alvo da captura. Quando uma ave pousa sobre a estrutura na

tentativa de capturar a isca, suas patas ficam presas nos laços. Essa armadilha deve ser monitorada ininterruptamente, pois quando a ave de rapina se prende, sua reação é tentar escapar e, consequentemente, pode se ferir gravemente caso não seja retirada rapidamente.

Canhão de rede

Nesse tipo de armadilha, canhões sincronizados lançam pesos que arrastam as redes em direção aos animais alvos da captura. Esse método normalmente é utilizado para capturar aves que costumam formar bandos. Não é um método muito comum de ser empregado em aeroportos brasileiros tendo em visto o alto custo do equipamento.

Rede de neblina

Consiste na utilização de redes com fios de nylon e seda que, dispostas em local apropriado, tendem a ficar "invisíveis" para as aves, fazendo com que os indivíduos se choquem com a rede e fiquem presos. O emprego de rede de neblina é para a captura de aves e morcegos. Em aeroportos, normalmente são utilizadas para apanhar passeriformes e aves semelhantes que formam bandos.

Falcoaria

A falcoaria é utilizada, principalmente, para o afugentamento, porém capturas de espécies problema também podem ser feitas, especialmente, para quero-queros (*Vanellus chilensis*) e pombos domésticos (*Columba livia*). A vantagem da utilização desse método é a inserção de um predador real, tornando assim o ambiente aeroportuário mais hostil e repulsivo às espécies-alvo.

Cambão, laço, pinção, gancho e puçá

Os equipamentos citados no título são utilizados tanto em capturas planejadas quanto em emergenciais. E por conta do segundo uso, é fundamental que os aeroportos, independentemente de haver equipe de fauna ou um plano de manejo, possuam itens básicos e pessoal capacitado para o uso correto, considerando cada grupo faunístico.

O cambão é um equipamento formado por um cabo, que pode ser de madeira ou alumínio, e contém um laço em uma das extremidades. Existe um mecanismo de travamento e soltura do laço.

Ele é recomendado para captura/contenção de mamíferos e répteis, como cães domésticos, gatos domésticos, lagartos, jacarés etc.

O pinção, também conhecido como pinça herpetológica, é o equipamento utilizado para captura de serpentes. Ele é formada por um corpo dobrável em uma extremidade e um gancho na outra, unidos por um cabo de aço. Lembra um sistema de freios de uma bicicleta. Deve-se ter cuidado ao manipular essa ferramenta para evitar pressão excessiva no corpo do animal.

Também utilizado para captura de serpentes, há o gancho acoplado a um cabo. Os cabos podem ser de diversos materiais como madeira ou alumínio, e os ganchos de ferro ou alumínio. Esse é um equipamento bem simples e, especialmente, para profissionais sem muita experiência, pode ser uma opção mais segura para o animal do que o pinção.

Por fim, outro equipamento muito útil para auxílio em capturas de animais são os puçás. São estruturas parecidas com um coador, confeccionados de rede, malha ou outros materiais, fixados em uma base que forma um aro na extremidade de um cabo, que pode ser de madeira ou alumínio. Podem ser utilizados para capturas de mamíferos, aves, répteis e anfíbios.

Contenção e transporte

É fundamental que todo animal capturado seja manejado corretamente, contido em recipiente/estrutura adequada até sua destinação, sem causar danos físicos e reduzindo o estresse do animal. Para isso, deve-se considerar a especificidade de cada grupo faunístico e tamanho corporal de cada animal.

Os animais domésticos de pequeno ou médio porte, como cães e gatos, podem ser acomodados em caixas de transporte para *pets*, que podem ser encontradas facilmente em lojas especializadas. Importante se atentar para o tamanho da caixa em relação ao indivíduo que será acondicionado/transportado.

Para serpentes, existem caixas de madeiras específicas para esse fim. No entanto, caixas plásticas organizadoras (facilmente encontradas em mercados e papelarias) também podem ser utilizadas, devendo ser feitos pequenos orifícios, na tampa, que permitam a troca de ar com o ambiente externo. Esses orifícios não podem ser grandes de maneira a permitir que as presas das serpentes passem por eles e venham a ferir quem esteja manipulando as caixas.

Para répteis e mamíferos em geral, caixas de madeira fabricadas para esse fim são as melhores opções. Por serem mais fechadas, garantem um melhor bem-estar dos animais, reduzindo

o estresse causado pela presença de pessoas nos locais em que foram capturados ou onde permanecerão até serem destinados. Essas caixas podem ser obtidas em empresas especializadas em manejo de fauna.

TRANSLOCAÇÃO

Uma das alternativas de manejo de fauna é a translocação de espécies problema. Nessa técnica, os indivíduos capturados (aves, mamíferos ou répteis) são soltos em áreas previamente definidas e distantes do aeródromo. Há muita discussão sobre o uso desse método e a questão principal é: como avaliar se ela está sendo eficiente e se apresenta um custo-benefício viável?

Esse questionamento ficou mais evidente com a publicação no Art. 5º da Resolução CONAMA nº 466[57], que traz diversos aspectos a serem observados para o uso da translocação em um PMFA, dos quais destacamos dois:

> *"§ 3º Só poderão ser consideradas áreas aptas para translocação dos animais aquelas afastadas de aeródromos a uma distância superior à média da máxima distância percorrida por indivíduos da espécie alvo da translocação, conforme registrada em literatura científica, e que apresentem o habitat característico da espécie; e*
>
> *§ 4º Fará parte da monitoria do PMFA o censo faunístico de espécie-problema e das espécies diretamente, nas áreas usadas para translocação, seis meses antes da translocação e até um ano após a liberação dos animais."*

Na primeira observância que se refere à distância de soltura, sua dificuldade está em encontrar literatura científica que aborde as distâncias percorridas pelas espécies problema. E a realização de pesquisas para a definição dessas distâncias demoram para ter resultados, e a aviação pode não ter esse tempo de avaliação disponível para evitar acidentes aeronáuticos.

Com relação aos censos faunísticos nas áreas de soltura (de seis meses antes e até um ano após a liberação dos animais), isso pode inviabilizar financeiramente a translocação por envolver custos elevados com equipes e logística. Ressaltando que se deve ter cautela ao considerar que o time de fauna do aeroporto executará essas ações. Como, normalmente, as equipes de gerenciamento de risco de fauna de um aeródromo são reduzidas, deslocá-los para áreas de solturas distantes (muitas vezes há centenas de quilômetros do aeroporto), pode resultar no aumento do risco de colisões, já que a equipe dedicada à vigilância e dispersão da fauna estará fora do aeroporto.

Nesse cenário, quais critérios devem ser analisados para se adotar a translocação no manejo de um aeródromo? Talvez, taxa de retorno dos espécimes realocados? Nem sempre esse parâmetro refletirá a eficiência da translocação ao que se refere o risco de colisões com aeronaves. Já imaginou que você pode ter taxa zero de retorno, mas a abundância da espécie no ambiente do aeródromo continua a mesma (já que novos aparecem)? Infelizmente, a maioria dos estudos que tratam da translocação em aeroportos focam na taxa de retorno, mas não dizem o quanto esse método reduz o risco das colisões.

Um programa estabelecido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), por meio dos Serviços para a Vida Silvestre (WS), teve como objetivo a translocação de aves de rapina em aeroportos americanos. Entre 2008 e 2010, 606 búteos da cauda vermelha (*Buteo jamaicensis*), um gavião típico da América no Norte, foram capturados e transloucados de 19 aeroportos dos Estados Unidos da América, tendo uma taxa de retorno de 6% (SCHAFER; WASHBURN, 2026). No entanto, o risco de colisão com esses gaviões foi reduzido nesses aeroportos? Infelizmente, os autores não abordaram essa questão.

No Brasil, existe um estudo sobre a translocação de urubus (Família *Cathartidae*) no Aeroporto Internacional de Manaus. Nele, 90 urubus, de três espécies diferentes, foram realocados entre 100, 150 e 200 km. Desses, 25,5% foram reavistados no Aeroporto de Manaus (NOVAES *et al*., 2020). Além de ser uma taxa superior ao que foi observado nos Estados Unidos com os búteos de cauda vermelha, o estudo brasileiro ainda apontou que não houve redução na abundância média de urubus no sítio aeroportuário. Houve, na verdade, um aumento na quantidade dessas aves no período das capturas, provavelmente atraídas para as armadilhas com iscas de carne e peixe. Então, além de não reduzir a população de urubus no aeródromo, o esforço de captura pode atrair indivíduos que normalmente não forrageariam nesse local. Adicionalmente, existe pouca evidência de que a translocação de urubus seja efetiva como um método de manejo dessas espécies (AVERY; LOWNEY, 2016).

Obviamente, a decisão de ter a translocação como uma estratégia não é simples. Diversos aspectos precisam ser avaliados cuidadosamente para essa definição, como: tamanho e qualificação de equipe para execução; equipamentos necessários; registro histórico com base em outros estudos sobre taxas de retorno; disponibilidade de áreas de soltura; distância das áreas de soltura; e, logística para monitoramento das áreas de soltura. Ainda, caso seja decidido o uso dessa técnica, a sua continuação deve estar atrelada a uma avaliação criteriosa de se a remoção de espécimes está

reduzindo a abundância das espécies problema e, consequentemente, o risco de colisões com aeronaves.

Abate e Eutanásia

Agora, vamos para o último nível da pirâmide de hierarquia de ações (Figura 4). De acordo com a Lei Federal nº 12.725[51], o manejo de fauna em aeródromos pode envolver, dentre as medidas já mencionadas neste capítulo, o abate de animais. No entanto, ainda em conformidade com a referida lei, o abate só pode ser permitido quando: houver comprovação de que as ações de manejo indireto (afugentamento) e direto (captura e translocação) das espécies problema ou das modificações do ambiente não apresentaram resultados significativos no risco de colisões com aeronaves; e/ou comprovação de que o impacto ambiental ou o custo econômico não justifique a transferência das espécies. Importante destacar que esse método não se aplica às espécies problema que estejam em listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção. Ainda, cabe ressaltar que o abate e eutanásia devem ser as últimas opções consideradas, independente da espécie.

Além do abate propriamente dito de indivíduos jovens ou adultos, que pode envolver o uso de armas de fogo/pressão ou eutanásia, também vamos comentar sobre a destruição de ovos e ninhos. Em conformidade com a Resolução CONAMA nº 466[57], a destruição de ovos e ninhos pode ser adotada quando as medidas de modificação do ambiente e afugentamento não forem suficientes para evitar a nidificação das espécies problema no aeródromo e quando estiver prevista a possibilidade de localização de ninhos de espécies problema na execução das ações.

A destruição de ovos e ninhos tem por objetivo reduzir o sucesso reprodutivo de espécies problema que utilizam o ambiente aeroportuário como sítios de reprodução e pode ser uma ferramenta importante (CLEARY; DOLBEER, 2005). Mas espécies que não são consideradas problema, como a maioria dos passeriformes, também são comuns nos aeroportos, e embora representem baixo risco para as operações áreas, os ovos e filhotes podem se tornar fontes de alimento para espécies de risco, principalmente aves de rapina e canídeos silvestres.

As principais ações utilizadas envolvem: a simples remoção dos ovos (DEFUSCO; UNANGST, 2013; JORA, 2017), a troca por ovos de outras espécies, como de codorna (JORA; 2017), ou por ovos do próprio ninho após inviabilizá-los. A inviabilização pode ser feita pela aplicação de líquidos oleosos sobre os ovos (SEAMANS *et al*., 2009) ou chacoalhar o ovo (CLEARY, 1994). Deve-se ter atenção ao estágio de desenvolvimento embrionário na aplicação de

técnicas de inviabilização, especialmente no chacoalhar. É preciso estar ciente das boas práticas de eutanásia recomendadas pelos órgãos competentes.

Os ovos recolhidos devem ter sua destinação descrita no PMFA, que pode ser descarte como resíduo infectante, incineração, encaminhamento a instituições científicas ou CETRAS. Os filhotes capturados também podem ser destinados a um CETRAS ou entidade equivalente. Contudo, por terem baixa taxa de sobrevivência, por serem normalmente de espécies sinantrópicas e não apresentarem *status* de ameaçadas de extinção, filhotes de algumas espécies problema podem ser alvo de eutanásia, com a devida autorização do órgão ambiental competente.

Como já mencionado para indivíduos jovens e adultos, o abate por meio de armas de fogo ou de pressão pode ser uma alternativa de manejo de espécies problema, principalmente, daquelas que apresentam maior abundância e possuem hábito de formar bandos numerosos. O uso do abate pode ser pensado como uma medida de reforço às demais técnicas de manejo, e não com intuito de eliminar uma quantidade grande de indivíduos, reduzindo de forma significativa a população (HARRIS; DAVIS, 1998). Segundo alguns estudos, por exemplo, quando o abate é utilizado em associação com outros métodos de dispersão, pode haver significativa redução do uso da área pelas espécies-alvo, mesmo sendo abatida uma pequena quantidade de indivíduos (BAXTER; ALLAN, 2008; SEAMANS *et al*., 2013; AVERY; LOWNEY, 2016).

Outra forma de manejo pode ser a captura e, posterior eutanásia das espécies problema em sala de procedimentos. Para aeroportos, essa é uma alternativa pouco recomendada ou para uso em situações muito específicas. Isso porque, o abate, quando realizado por arma de fogo e em associação com outras técnicas de afugentamento (por exemplo, pirotecnia, canhão de gás etc.), serve como um alerta para os demais indivíduos, que tendem a deixar a área pelo risco real observado no local, mesmo que haja algum atrativo no local. Assim, capturar indivíduos e encaminhá-los ao centro de manejo para eutanásia não desencadeará o efeito de aprendizado de que há um risco de morte no local, o que gera denominado “ambiente de medo”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, T. L. S.; GROSSMANN, N. V.; CARVALHO, M.M.; VELHO, D. M. A.; CAMPOS, V. C.; LOPES, C. M. Evaluation of different grass height management Patterns for bird control in a tropical airport. **Revista Conexão Sipaer**, v. 8, n. 1, p. 68-79, 2017. Disponível em: http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/363. Acesso em: 3/02/2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 164**. Gerenciamento do Risco da Fauna nos Aeródromos Públicos. Distrito Federal, 2014. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2014/22/anexo-iii-2013-rbac-164. Acesso em: 3/02/2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Diretrizes para avaliação do SGSO**. Programa PSOE-ANAC. Distrito Federal, 2019. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2019/39/anexo-i-diretrizes-para-avaliacao-do-sgso.pdf. Acesso em: 3/02/2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Procedimentos básicos de Gerenciamento do Risco da Fauna**. Instrução Suplementar - IS nº 153.501-001 REVISÃO A, 130 p., 2021. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is. Acesso em: 3/02/2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 153**. Gerenciamento do Risco da Fauna nos Aeródromos Públicos. Distrito Federal, 130 p., 2021. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-153. Acesso em: 3/02/2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Manual de boas práticas no Gerenciamento de Risco da Fauna**. Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária (SIA), 40 p., 2022. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/seguranca-operacional/gerenciamento-do-risco-da-fauna. Acesso em: 3/02/2023.

ALHO, C. J. R.; CAMPOS, Z. M. S.; GONÇALVES, H. C. Ecologia de capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris, Rodentia*) do Pantanal: II – Atividade, sazonalidade, uso do espaço e manejo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, n. 1/2, 1987. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/292473796_Ecologia_de_capivara_Hydrochaeris_hydrochaeris_Rodentia_do_pantanal_-_II_Atividade_sazonalidade_uso_do_espaco_e_manejo. Acesso em: 3/02/2023.

ALIASGHARI, P.; DAUTENHAHN, K.; NEHANIV, C. L. Simulations on herding a flock of birds away from an aircraft using an unmanned aerial vehicle. Pp. 626-635. In: **ALIFE 2020: The 2020 Conference on Artificial Life**. Canada: MIT Press, 2020. DOI: 10.1162/isal_a_00280

ALLAN, J. R. The cost of bird strikes and bird strike prevention. Pp. 147-153. In Clark, L. Human conflicts with wildlife: economic considerations. **Proceedings of the National Wildlife Research Center Special Symposium**, Fort Collins, Colorado, USA, 2002. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/nwrchumanconflicts/18/. Acesso em: 3/02/2023.

AUSTRALIA AIRPORTS ASSOCIATION. Managing bird strike risk: Species information sheets. **Airport Practice Note 6**. Canberra, 2015. Disponível em: https://skybrary.aero/bookshelf/airport-practice-note-6-managing-bird-strike-risk. Acesso em: 3/02/2023.

AVERY, M. L.; HUMPHREY J. S.; TILLMAN E. A.; MILLESON, M. P. Responses of black vultures to roost dispersal in Radford, Virginia. **Proceeding of the Vertebrate Pest Conference**, v. 22, p. 239-243, 2006. DOI: 10.5070/v422110179

AVERY, M. L.; HUMPHREY, J. S.; TILLMAN, E. A.; PHARES, K. O.; HATCHER, J. E. Dispersing vulture roosts on communication towers. **Journal of Raptor Research**, v. 36, p. 45-50, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/238741202_Dispersing_vulture_roosts_on_communication_towers. Acesso em: 3/02/2023.

AVERY, M. L.; LOWNEY, M. S. **Vultures**. Wildlife Damage Management Technical Series. USDA, APHIS, WS National Wildlife Research Center. Ft. Collins, Colorado, 17p., 2016. Disponível em http://digitalcommons.unl.edu/nwrcwdmts/5. Acesso em: 3/02/2023.

BALL, S. A. Suspending vulture effigies from roosts to reduce bird strikes. **Human-Wildlife Conflicts**, v. 3, n. 2, p. 257–259, 2009. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/hwi/18/. Acesso em: 3/02/2023.

BAXTER, A. T.; ALLAN, J. R. Use of lethal control to reduce habituation to blank rounds by scavenging birds. **The Journal of Wildlife Management**, v. 72, n. 7, p. 1653-1657, 2008. DOI: https://doi.org/10.2193/2007-458

BELANT, J. L.; MARTIN, J. A. **Bird harassment, repellent, and deterrent techniques for use on and near airports**. Washington, DC: The National Academies Press, 2011. DOI: https://doi.org/10.17226/14566.

BLACKWELL, B. F.; BERNHARDT, G. E.; DOLBEER, R. A. Lasers as nonlethal avian repellents. **The Journal of Wildlife Management**, v. 66, n. 1, p. 250-258, 2002. DOI: 10.2307/3802891

BLACKWELL, B. F.; FERNÁNDEZ-JURICIC, E. Behavior and physiology in the development and application of visual deterrents at airports. In: T. L. DeVault; B. F. Blackwell; J. L. Belant. **Wildlife in Airport Environments**. The Johns Hopkins University Press, 2013.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Divulgação Operacional (DIVOP) nº 005/2015**. Distrito Federal, 2015. Disponível em: https://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/divop.php. Acesso em: 3/02/2023.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna – MCA-3-8**. Distrito Federal, 2017. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/prevencao/risco-de-fauna/mgrf. Acesso em: 3/02/2023.

BROUGH, T.; BRIDGMAN, G. J. An evaluation of long grass as a bird deterrent on British airfields. **Journal Applied Ecology**, v. 17, p. 243-253, 1980. DOI: 10.2307/2402322

CARTER, N. B. All birds are not created equal: risk assessment and prioritization of wildlife hazards at airfields. **Bird Strike Committee USA/Canada**. University of Nebraska, EUA, 2001. Disponível em: http://digitalcommons.unl.edu/birdstrike2001/8/. Acesso em 29/08/2022.

CLEARY, E. C. W. **Waterfowl**. Pp. E129-E138. In: S. E. Hygnstrom; R. M. Timm; G. E. Larson (eds.). The Handbook: Prevention and Control of Wildlife Damage. University of Nebraska-Lincoln, 1994. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/icwdmhandbook/. Acesso em: 3/02/2023.

CLEARY, E. C.; DOLBEER, R. A. **Wildlife Hazard Management at Airports: A Manual for Airport Personnel**. USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications, Lincoln, 133 p., 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284759210_Wildlife_hazard_management_at_airports_A_manual_for_airport_personnel_USDA. Acesso em: 3/02/2023.

COMAER, Comando da Aeronáutica. Plano do Comando da Aeronáutica. **Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário**. Distrito Federal, 2011. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/293126717/PCA-3-2-Plano-Basico-de-Gerenciamento-Do-Risco-Aviario. Acesso em: 3/02/2023.

COMAER, Comando da Aeronáutica. Plano do Comando da Aeronáutica. **Plano Básico de Gerenciamento de Risco de Fauna**. Distrito Federal, 2017. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/413626829/PCA-3-3-Plano-Basico-de-Gerenciamento-de-Risco-de-Fauna-2017. Acesso em: 3/02/2023.

COMAER, Comando da Aeronáutica. Plano do Comando da Aeronáutica. **Plano Básico de Gerenciamento de Risco de Fauna**. Distrito Federal, 2020. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/pca-plano-do-comando-da-aeronautica. Acesso em: 3/02/2023.

DEACON, N.; ROCHARD, B. Fifty years of airfield grass management in the UK. In: **Proceedings of the 25th meeting of the International Bird Strike Committee**, IBSC, Amsterdam, p. 71-79, 2000. Disponível em: https://canadianbirdstrike.ca/fr/fifty-years-of-airfield-grass-management-in-the-uk-2/. Acesso em: 3/02/2023.

DEFUSCO, R. P.; UNANGST JR., E. T.; COOLEY, T. R.; LANDRY, J. M. **Applying an SMS approach to wildlife hazard management**. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 241 p., 2015. DOI: 10.17226/22091

DEFUSCO, R. P.; UNANGST, E. T. **Airport wildlife population management**. Transportation Research Board, 2013. DOI: https://doi.org/10.17226/22599

DESOKY, A. E. S. S. A review of bird control methods at airports. **Global Journal of Science Frontier Research E**, v. 14, p. 41-50, 2014. Disponível em: https://globaljournals.org/GJSFR_Volume14/6-A-Review-of-Bird-Control-Methods-at-Airports.pdf. Acesso em: 3/02/2023.

DeVAULT, T. L.; BELANT, J. L.; BLACKWELL, B. F.; SEAMANS, T. W. Interspecific variation in wildlife hazards to aircraft: implications for airport wildlife management. **Wildlife Society Bulletin**, v. 35, p. 394-402, 2011. DOI: 10.1002/wsb.75

DOC 9137, Airport Services Manual, Part 3, **Wildlife Hazard Management**, Fifth edition 2020, International Civil Aviation Organization, Quebec, Canada, 2020. Disponível em: https://www.davvl.de/sites/default/files/inline-files/icao_doc.9137.part.03._wildlife_hazard_management_5th_edition.final.publ_2.pdf. Acesso em: 3/02/2023.

DOLBEER, R. A.; BEGIER, M. J.; MILLER, P. R.; WELLER, J. R.; ANDERSON, A. L. **Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States, 1990–2021**. United States. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Washington, DC. 140 p., 2022. Disponível em: https://www.faa.gov/airports/airport_safety/wildlife/wildlife_strikes_civil_aircraft_united_states_1990_2021. Acesso em: 3/02/2023.

DOLBEER, R. A; WRIGHT, S. E.; CLEARY, E. C. Ranking the hazard level of wildlife species to aviation. **Wildlife Society Bulletin**, v. 28, n. 2, p. 327-378, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261825740_Ranking_the_Hazard_Level_of_Wildlife_Species_to_Aviation. Acesso em: 3/02/2023.

ERICKSON, W. A.; MARSH, R. E.; SALMON, T. P. A review of falconry as a bird-hazing technique. **Proceedings of the 14th Vertebrate Pest Conference**, v. 14, p. 314-316, 1990. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/vpc14/25/. Acesso em: 3/02/2023.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Advisory circular: Hazardous wildlife attractants on or near airports**. n. 150/5200-33C, 2020. Disponível em: https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/index.cfm/go/document.current/documentNumber/150_5200-33. Acesso em: 3/02/2023.

FERRAZ, K. P. M. B.; VERDADE, L. M. Ecologia comportamental da capivara: bases biológicas para o manejo da espécie. Pp. 589-595. In: W. R. S. Mattos (ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281112028_Ecologia_Comportamental_da_Capivara_Bases_Biologicas_para_o_Manejo_da_Especie. Acesso em: 3/02/2023.

GLAHN, J.; ELLISS, G.; FIORANELLI, P.; DORR, B. Evaluation of moderate and low-powered lasers for dispersing double-crested cormorants from their night roosts. **The Ninth Wildlife Damage Management Conference Proceedings**, State College, 2000. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/233407742_Evaluation_of_moderate_and_low-powered_lasers_for_dispersing_double-crested_cormorants_from_their_night_roosts. Acesso em: 3/02/2023.

GORENZEL, W. P.; BLACKWELL, B. F.; SIMMONS, G. D.; SALMON, T. P.; DOLBEER, R. A. Evaluation of lasers to disperse american crows, *Corvus brachyrhynchos*, from urban night roosts. **International Journal of Pest Management**, v. 48, n. 4, p. 327–331, 2002. DOI: 10.1080/09670870210151689. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240527844_Evaluation_of_lasers_to_disperse_American_crows_Corvus_brachyrhynchos_from_urban_night_roosts. Acesso em: 3/02/2023.

GROSE, A. V.; CREMER, M. Avifauna associada a lagoas da estação de tratamento de esgoto (ETE - Jarivatuba) em Joinville, SC. **XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar** (XIV COLACMAR), Balneário Camboriú, SC, 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/22311370/Avifauna_Associada_a_Lagoas_Da_Esta%C3%A7%C3%A3o_De_Tratamento_De_Esgoto_Ete_Jarivatuba_Em_Joinville_SC. Acesso em: 3/02/2023.

HARRIS, R. E.; DAVIS, R. A. **Evaluation of the efficacy of products and techniques for airport bird control**. LGL Limited for Aerodrome Safety Branch, Transport Canada, Ottawa, ON, Canada, 1998. Disponível em: https://tc.canada.ca/en/aviation/publications/evaluation-efficacy-products-techniques-airport-bird-control-03-1998-tp-13029. Acesso em: 3/02/2023.

HUPF, T. H.; FLOYD, J. K. **Federal Aviation Administration Technical Center 1995: Managed grass and shrub mowing plan**. Presentation at Bird Strike Committee USA meeting, 1995.

JORA, D. A. Comportamento reprodutivo e manejo de ovos de *Vanellus Chilensis* no Aeroporto Internacional de Guarulhos, SP. **Trabalho de conclusão de curso**. Universidade De Santo Amaro, São Paulo, 44 p., 2017.

KENNAMER, R. A.; BRISBIN, I. L. JR.; ELDRIDGE, C. S.; SAXON JR, D. A. Wastewater treatment wetlands: Potential hazardous wildlife attractants for airports. **Wildlife Damage Management Conferences - Proceedings**, n. 177, 2013. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_wdmconfproc/177/. Acesso em: 3/02/2023.

LINNELL, M. A.; CONOVER, M. R.; OHASHI, T. J. Using wedelia as ground cover on tropical airports to reduce bird activity. **Human-Wildlife Conflicts**, v. 3, n. 2, p. 226-236, 2009. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/hwi/19/. Acesso em: 3/02/2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 466/2015. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=134870. Acesso em 21/01/2022.

MONES, A. Estudios sobre la familia *Hydrochoeridae* (Rodentia), I. Introducción y historia taxonômica. **Revista Brasileira de Biologia**, n. 33, p. 277-283, 1973.

MONES, A.; OJASTI, J. *Hydrochoerus hydrochaeris*. **Mammalian Species**, n. 264, p. 1-7, 1986. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274343089_Hydrochoerus_hydrochaeris. Acesso em: 3/02/2023.

MOTT, D. F.; TIMBROOK, S. K. Alleviating nuisance Canada goose problems with acoustical *stimuli*. In: **Proceedings of the 9th Vertebrate Pest Conference**, v. 13, p. 301–305, 1988. Disponível em: https://canadianbirdstrike.ca/alleviating-nuisance-canada-goose-problems-with-accoustical-stimuli/. Acesso em: 3/02/2023.

NOVAES, W. G.; ABREU, T. L. S.; GUERTA, R. S. Assessing vulture translocation as a management tool to mitigate airport bird strikes. **Human–Wildlife Interactions**, v. 14, n. 2, p. 19, 2020. Disponível em: https://digitalcommons.usu.edu/hwi/vol14/iss2/19/. Acesso em: 3/02/2023.

NOVAES, W. G. Ranking de severidade relativa das espécies de fauna na aviação brasileira. **Revista Conexão SIPAER**, v. 12, n. 1, p. 95-112, 2022. Disponível em: http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/749. Acesso em: 3/02/2023.

OLIVEIRA, H. R. B. Risco de Fauna: Aplicando o SMS para o Gerenciamento Integrado no Brasil. **Dissertação de Mestrado Profissional**, São José dos Campos, São Paulo, 2014.

REIS, N.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. **Mamíferos do Brasil**. 2ª Edição. Nelio R. dos Reis, Londrina, 439 p., 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/69343847/Mamiferos_do_Brasil_2ed. Acesso em: 3/02/2023.

SANTOS, L. C. B.; SOUZA, M. D. S. **Anuário de Risco de Fauna 2011-2020**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Distrito Federal, 2021. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/prevencao/risco-de-fauna/anuario-de-risco-de-fauna. Acesso em: 3/02/2023.

SCHAFER, L. M.; WASHBURN, B. E. Managing raptor-aircraft collisions on a grand scale: summary of a Wildlife Services raptor relocation program. In: **Proceedings of the Vertebrate Pest Conference**, 2016. DOI: 10.5070/v427110445

SEAMANS, T. W.; CLEMONS, S. E.; GOSSER, A. L. Observations of neck-collared Canada geese near John F. Kennedy International Airport, New York. **Human-Wildlife Conflicts**, v. 3, n. 2, p. 242-250, 2009. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/844/. Acesso em: 3/02/2023.

SEAMANS, T. W.; DOLBEER, R. A.; CARRARA, M. S.; CHIPMAN, R. B. Does tall grass reduce bird numbers on airports?: Results of pen test with Canada geese and field trials at two airports, 1998. **1999 Bird Strike Committee-USA/Canada**, First Joint Annual Meeting, Vancouver, BC. 29 p., 1999. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/birdstrike1999/29/. Acesso em: 3/02/2023.

SEAMANS, T. W.; MARTIN, J. A.; BELANT, J. L. Tactile and auditory repellents to reduce wildlife hazard to aircraft. In: T. L. DeVault; B. F. Blackwell; J. L. Belant. **Wildlife in Airport Environments**. The Johns Hopkins University Press, 2013. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/1650/. Acesso em: 3/02/2023.

SHAW, P.; DOLBEER, R.; McKEE, J. Human fatalities and destroyed aircraft due to wildlife strikes, 1912 to present. In: **Proceedings of the North American Bird Strike Conference**, Nova Scotia, v. 17, p. 205-217, 2018. Disponível em: https://pjw.299.myftpupload.com/2018-conference-presentations/. Acesso em: 3/02/2023.

SODHI, N. S. Competition in the air: birds versus aircraft. **The Auk**, v. 119, n. 3, p. 587-595, 2002. DOI: 10.2307/4089960

STOLEN, E. D.; TAYLOR, W. K. Movements of black vultures between communal roosts in Florida. **Wilson Bulletin**, v. 115, n. 3, p. 316-320, 2003. DOI: 10.1676/03-049. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/240776571_Movements_of_black_vultures_between_communal_roosts_in_Florida. Acesso em: 3/02/2023.

THORPE, J. Fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes, 1912-2002. In: **International Bird Strike Committee**, 26th Meeting. Warsaw, Poland. p. 28, 2003. Disponível em: https://ecirtam.net/autoblogs/autoblogs/frglobalvoicesonlineorg_0e319138ab63237c2d2aeff84b4cb506d936eab8/media/0b84ca6f.IBSC2620WPSA1.pdf. Acesso em: 3/02/2023.

THORPE, J. Update on fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes with appendix for 2008 & 2009. In: **Proceedings of the International Bird Strike Committee**. p. 1-9, 2010. Disponível em: https://www.worldbirdstrike.com/images/Resources/IBSC_Documents_Presentations/Cairns/IBSC29_WP06.pdf. Acesso em: 3/02/2023.

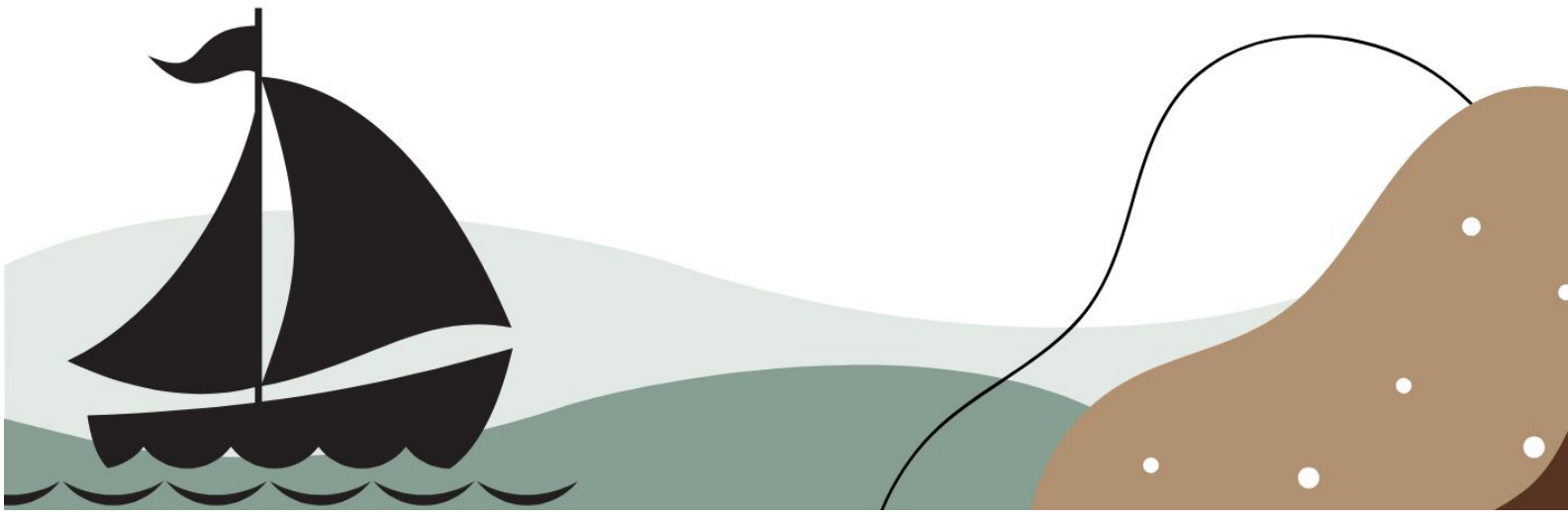
TILLMAN, E. A.; HUMPHREY, J. S.; AVERY, M. L. Use of vulture carcasses and effigies to reduce vulture damage to property and agriculture. **Proceedings of the 20th Vertebrate Pest Conference**, p. 20-30, 2002. DOI: 10.5070/v420110216

VILLAREAL, L. M. A. **Programa Nacional de Limitación de Fauna en Aeropuertos**. Republica de Colombia, Unidad Administrativa Especial de Aeronautica Civil, Colômbia, 104 p., 2008. Disponível em: https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/reglamentacion/Normatividad%20Peligro%20Aviario/Programa%20Nacional%20de%20Limitaci%C3%B3n%20de%20Fauna%20en%20aeropuertos.pdf. Acesso em: 3/02/2023.

WASHBURN, B. E.; SEAMANS, T. W. Managing turfgrass to reduce wildlife hazards at airports. Pp. 105-114. In: T. L. DeVault; B. F. Blackwell & J. L. Belant. **Wildlife in Airport Environments: Preventing Animal-Aircraft Collisions through Science-Based Management**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 2013.

ZHANG, X.; ZHANG, Q. Influence study of the bird shape on the birdstrike response for flat blade. Pp. 273-282. In: Xu, J.; Pandey, K. M. (eds). **Mechanical Engineering and Materials. Mechanisms and Machine Science**, vol 100. Springer, Cham. 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-68303-0_22.

IMPACTO DAS HIDROVIAS E PORTOS NA FAUNA



IMPACTO DAS HIDROVIAS E PORTOS NA FAUNA

Modal aquaviário: impactos e monitoramentos ambientais
Juliana Lopes Vendrami

Emergências ambientais: Preparação e atendimento no modal aquaviário
Andréa Almeida Lopes de Deus

Resposta à Fauna Oleada em Emergências Ambientais no Modal Aquaviário
Letícia Koproski

Impactos e importância dos monitoramentos de fauna no modal aquaviário com ênfase nos cetáceos e quelônios
Fernando Hardt

Impacto de hidrovias e portos no plâncton e bentos
Angeline Saucsen Weisheimer

MODAL AQUAVIÁRIO: IMPACTOS E MONITORAMENTOS AMBIENTAIS

Juliana Lopes Vendrami[*]

[*] Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina

NOÇÕES GERAIS SOBRE O MODAL AQUAVIÁRIO

O presente capítulo traz uma breve noção sobre o modal aquaviário e alguns dos seus impactos ambientais causados, porém não é o objetivo desse capítulo exaurir o tema, uma vez que é extremamente amplo.

O modal aquaviário corresponde ao transporte de mercadorias e/ou passageiros por um corpo d´água, como os oceanos, mares e águas interiores (rios ou lagoas), utilizando embarcações. É responsável por movimentar bilhões de dólares diariamente, sendo que o transporte marítimo (entre países) representa sozinho mais de 90% de todo o comércio global (IMO, 2017). O modal aquaviário é considerado como o transporte mais eficiente quando comparado com o modal rodoviário e ferroviário, dada a sua capacidade de transportar grandes quantidades de carga (por exemplo, um navio pode transportar até 300 mil toneladas de carga), e do menor consumo de combustível por quilômetro percorrido (CNT, 2017).

O modal aquaviário é composto, de forma geral, pelas embarcações, instalações portuárias e as hidrovias. As embarcações são específicas para o tipo de carga/passageiro, como por exemplo, navios cargueiros para cargas a granel sólida ou líquido (Figura 1A); navios de contêineres para cargas variadas (Figura 1B); navios *roll on-roll off* para cargas sob rodas (veículos e maquinários) e navios de cruzeiros.

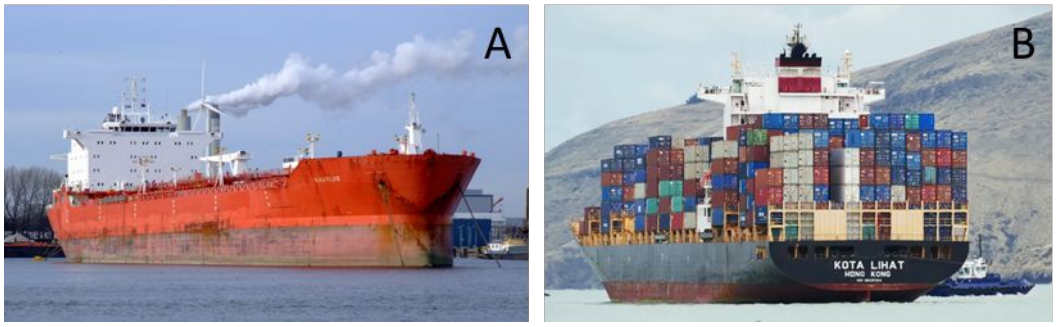


Figura 1 – Tipos de navios específicos para cada tipo de carga/passageiro. (A) navio cargueiro para granéis sólidos[70] e (B) navio de contêineres[71].

Já as instalações portuárias incluem os portos e a retroárea, que correspondem a infraestrutura terrestre para a movimentação de cargas e de passageiros. Os portos são instalados às margens das vias navegáveis, podendo ser lacustres (beira de lagoas), fluviais (beira de rios) e marítimos (beira dos mares/oceanos). Além disso, os portos incluem as áreas para atracação dos navios e operações com as cargas (carga e descarga) e passageiros (embarque e desembarque). Para movimentação das cargas, os portos devem possuir equipamentos específicos para o tipo de carga a ser movimentada, como, por exemplo, *shiploaders* (carregadores de navios) para carregamento de graneis sólidos (Figura 2A), portêineres para movimentação de contêineres (Figura 2B), guindastes acoplados com *grab* para descarregamento de cargas a granel (Figura 2C), e mangotes para movimentação de granéis líquidos (Figura 2D). A retroárea, por sua vez, corresponde às infraestruturas para o armazenamento das cargas, sendo constituída por armazéns e/ou pátios. Esses armazéns/pátios podem estar localizados próximas aos portos ou mesmo há quilômetros de distância. Em ambas as infraestruturas terrestres ocorre a interligação com os modais ferroviários e/ou rodoviários.

[70] Disponível em https://pxhere.com/pt/photo/1138023. Acesso em 7/08/2023.
[71] Disponível em https://images.rawpixel.com/image_800/czNmcy1wcml2YXRlL3Jhd3BpeGVsX2ltYWdlcy93ZWJzaXRlX2NvbnRlbnQvbHIvZmw0ODU1NjY3NDI4Ni1pbWFnZS1rdHdtNHR1di5qcGc.jpg. Acesso em 7/08/2023.

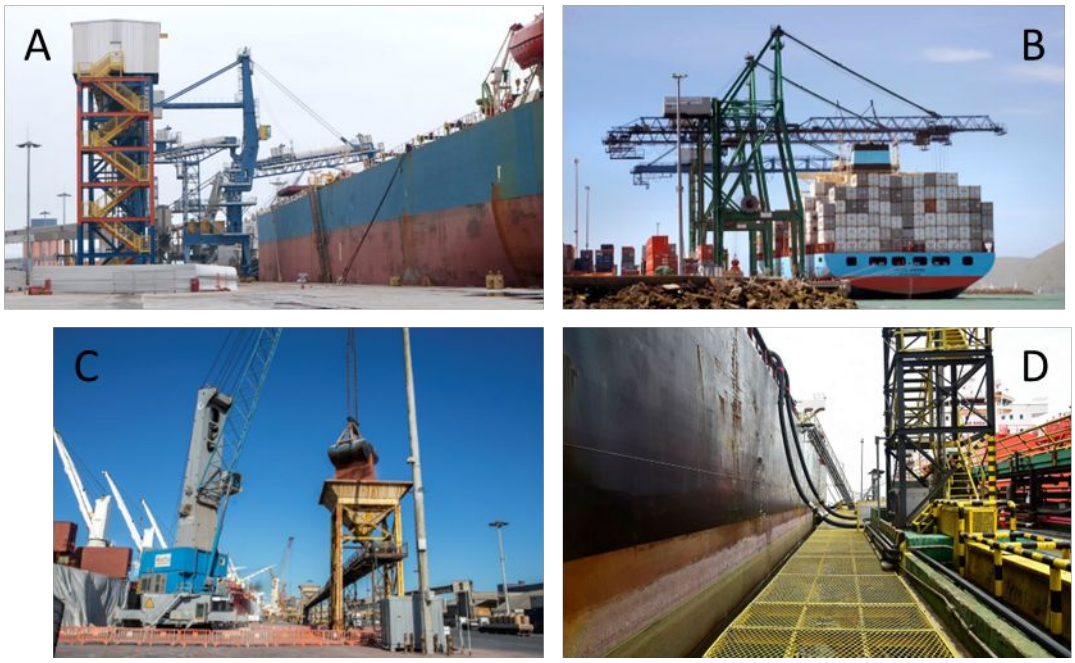


Figura 2 – Infraestrutura para movimentação de cargas em embarcações: (A) *Shiploader*[72], (B) Portêiner[73], (C) Guindaste com *grab* e (D) Mangotes[74]. Fonte: (C) Claudio Neves.

E por fim, as hidrovias são as vias navegáveis para a circulação das embarcações, sendo delimitadas por boias dentro das águas jurisdicionais de cada país, na qual o padrão internacional é a boia encarnada do lado direito para quem entra nas vias de navegação, e a boia verde do lado esquerdo (Figura 3). A viabilidade e manutenção dessas vias podem depender de obras de engenharia, como a construção de eclusas, modificação do curso d´água ou dragagens. As obras de dragagem consistem na remoção dos sedimentos do fundo dos corpos d´água de forma a propiciar uma profundidade adequada para as embarcações que ali circulam. Esses sedimentos podem ser inconsolidados (areia, silte e/ou argila) ou consolidados (como rochas). No caso de remoção de rochas do fundo marinho, pode ser necessário o emprego de explosivos (como o usado nas minas terrestres) ou outras técnicas para a fragmentação da rocha. A manutenção da profundidade nas hidrovias é de extrema importância para evitar quaisquer encalhes e/ou potenciais acidentes.

72 Disponível em https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/parceria-com-iniciativa-privada-transforma-o-porto-de-paranagua. Acesso em 7/08/2023.

73 Disponível em https://www.rawpixel.com/image/4025242/photo-image-water-public-domain. Acesso em 7/08/2023.

74 Disponível em https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/comeca-a-operar-em-paranagua-novo-terminal-de-liquidos. Acesso em 7/08/2023.

Figura 3 – Sinalização das hidrovias nas águas interiores com boias. Fonte: Flávio Jota de Paula[75].

MODAL AQUAVIÁRIO NO BRASIL

O Brasil possui mais de 8 mil km de costa navegáveis e 21 mil km de vias interiores economicamente navegáveis (CNT, 2017). No entanto, é estimado que o país tenha um potencial de uma área três vezes superior de vias interiores navegáveis (CNT, 2019), ou seja, ainda há capacidade para desenvolver ainda mais o modal aquaviário no Brasil. Complementarmente, possui mais de 170 instalações portuárias de cargas, sendo 37 portos organizados, podendo ser portos administrados diretamente por empresa pública federal, como o Porto de Santos-SP, ou através de concessão do Governo Federal aos Estados (por exemplo, Porto de Paranaguá-PR) ou aos Municípios (por exemplo, Porto de Itajaí-SC), e ainda há os terminais privados (TUP) (Figura 4).

A exploração das instalações portuárias brasileiras é regida pela Lei nº 12.815/2013[76] (conhecida como "lei dos portos"), e supervisionado pela Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ), que é uma autarquia especial vinculada ao Ministério da Infraestrutura (Lei nº 10.233/2001[77]). Já a navegação e fiscalização em águas jurisdicionais brasileiras é controlada pela Marinha. Aliadas a essas instituições, o modal aquaviário nacional envolve a atuação de uma gama diversa de instituições, como a Receita Federal para o controle das cargas que entram e deixam o país; agências de vigilância sanitária; além de diversas empresas privadas que fornecem alimentos, combustível, retirada de resíduos entre outros serviços às embarcações.

[75] Disponível em https://www.flickr.com/photos/fjota/6218223987. Acesso em 7/08/2023.

Figura 4 – Instalações portuárias brasileiras. Fonte: Rumo ao Mar [78]

[76] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12815.htm. Acesso em 27/01/2023.
[77] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10233.htm. Acesso em 27/01/2023.
[78] Disponível em http://rumoaomar.org.br/portos/noticias-sobre-portos.html. Acesso em 7/08/2023.

IMPACTOS AMBIENTAIS

As obras de dragagem implicam diretamente na retirada da fauna bentônica (organismos associados a um substrato); ainda pode acarretar ressuspensão de sedimentos, aumentando a turbidez local e, consequentemente, afetando o processo de fotossíntese local. Além disso, pode ocasionar a ressuspensão de compostos/metais pesados que foram depositados na área eventualmente, e podem ser absorvidos pelos organismos do meio e assim entrarem na cadeia alimentar (bioacumulação). No caso de remoção de rochas, as técnicas para fragmentação das mesmas podem causar poluição sonora subaquática, e no caso de uso de explosivos, pode ainda provocar ondas de choque que afetam diretamente os indivíduos nas proximidades.

Adicionalmente, o tráfego das embarcações implica poluição sonora, principalmente subaquática, poluição atmosférica decorrente da combustão de combustíveis fósseis dos motores das embarcações, e conflitos no uso da área com espécies aquáticas (como cetáceos e quelônios). A depender da profundidade da hidrovia, a movimentação de embarcações pode ocasionar também a ressuspensão de sedimentos, junto a compostos/metais pesados, assim como na dragagem.

Enquanto para a instalação dos portos, de modo geral, ocorre o desmatamento das margens do corpo d´água, tendo como impacto direto a perda da vegetação local e do habitat de vários organismos. No caso de portos marítimos, o desmatamento pode ocorrer em áreas de manguezais, que são ecossistemas essenciais para a reprodução e manutenção de várias espécies (SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2000), e assim como para a fixação de carbono (ROVAI *et al.*, 2022), sendo inclusive considerados como áreas de preservação permanente segundo o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012[79]).

Além da instalação do porto em si, há uma cascata de efeitos sobre a estrutura das cidades que abrigam ou que estão próximas aos portos, na qual podemos citar (I) o aumento de tráfego de veículos pesados que movimentam a carga desde a origem (podendo estar há centenas de quilômetros de distância) até o porto através das rodovias/ferrovias; (II) maior fluxo de pessoas, que podem sobrecarregar os sistemas de saúde, de habitação e de saneamento básico dessas cidades; (III) instalação de indústrias ou armazéns próximos aos portos, que pode implicar desmatamento e poluição atmosférica; (IV) aumento da geração de resíduos, impactando os aterros sanitários locais. Ao mesmo tempo, a instalação de um porto promove um aumento na oferta de empregos e renda para as cidades.

[79] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 27/01/2023.

Adicionalmente, os portos representam uma porta de entrada para espécies exóticas (não nativas) que pegam carona nos navios quando estes atracam nos diferentes portos, podendo causar desequilíbrios nas populações nativas, comprometendo assim a sobrevivência das espécies locais. Essas espécies exóticas podem vir incrustadas nos cascos e nas hélices dos navios (por exemplo, cracas); como tripulantes indesejados dentro das embarcações (por exemplo, roedores) ou através da água de lastro.

A água de lastro é a água coletada e armazenada em tanques distribuídos ao longo do navio para garantir a estabilidade das embarcações durante a navegação e nas operações de carregamento/descarregamento (Figura 5). Esses tanques são preenchidos ou esvaziados durante as operações de carregamento/descarregamento nos portos, através de bombas, ponderando-se o peso da carga a ser transportada. Dada a importância da estabilidade para a navegação, as embarcações possuem uma coloração diferenciada no casco para sinalizar o calado máximo que pode ser atingido, ou seja, a profundidade da embarcação do seu ponto mais baixo até a superfície da água (Figura 6).

Quando um navio descarrega a sua carga em um porto, deve-se encher os tanques de água de lastro (operação denominada de lastrear), sendo que no próximo porto, quando o navio for carregar uma carga, ele precisará obrigatoriamente descartar a água de lastro (deslastrear). Junto com essa água, estão presentes diversos organismos, como bactérias, fungos, ovos, larvas, entre outros organismos planctônicos. Ao deslastrear, os organismos provenientes de outra localidade e que sobreviveram nos tanques, ao encontrarem condições propícias ao seu crescimento (nutrientes e ausência de competidores/predadores), podem se tornar espécies invasoras, ou seja, têm crescimento e/ou reprodução sem controles, representando uma ameaça às espécies nativas (bioinvasão). Ainda, no caso de organismos patógenos, estes podem causar sérios danos à saúde humana diretamente.

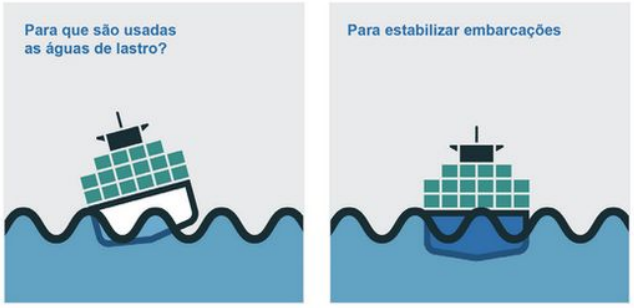


Figura 5 – Esquema da estabilização dos navios com o uso da água de lastro. Fonte: Modificado de Domingos et al. (2017)[80]

Figura 6 – Marcação do calado máximo no navio em vermelho[81].

Como exemplo notório de bioinvasão no Brasil, podemos citar o mexilhão-dourado (*Limnoperma fortunei*), que é um molusco bivalve originário da Ásia (RICCIARDI, 1998; Figura 7). A sua chegada à América do Sul está associada com a água de lastro, sendo que essa espécie foi registrada primeiramente no Rio da Prata, próximo a Buenos Aires/Argentina, em 1991 (DARRIGRAN; PASTORINO, 1995), e já chegou até o lago de Itaipu, afetando inclusive as rotinas de manutenção da Usina de Itaipu, que é obrigada a parar as turbinas periodicamente para a retirada do mexilhão, ocasionando prejuízos econômicos.

[80] Disponível em Domingos I., Gameiro C., Ferreira A., Adão H., Amorim A., Brotas V., Cabral H., Chainho P., Costa J.L., Gordo L.S., Newton A., Sousa F., Teixeira H., Vieira A.R., Zilhão R., Brito A.C. (2017). Ecossistemas da Plataforma Continental. DGRM, Lisboa, Portugal https://www.researchgate.net/publication/320673441_ECOSSISTEMAS_DA_PLATAFORMA_CONTINENTAL. Acesso em 7/08/2023.

[81] Disponível em https://www.rawpixel.com/image/4021494/photo-image-person-water-delivery. Acesso em 7/08/2023.

Figura 7 – Mexilhão-dourado (*Limnoperma fortunei*)[82].

De forma a reduzir esse problema, a Organização Marítima Internacional (IMO – na sigla em inglês), aprovou a *Convenção Internacional sobre Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios*, que entrou em vigor em setembro de 2017. O Brasil aderiu e ratificou essa convenção através do Decreto Legislativo nº 148/2010[83], e atualmente está internalizado através da Norma da Autoridade Marítima brasileira – NORMAM 08. Nessa NORMAM, é estabelecido a necessidade de trocas oceânicas para a água de lastro no caso de navios que naveguem entre países, uma vez que a salinidade em baías ou estuários ou rios é menor quando comparada à do alto-mar. Dessa forma, os organismos presentes na água de lastro coletada em baías ou estuários ou rios teriam menos probabilidade de sobreviver quando descartados em alto-mar, e os organismos coletados em alto-mar também teriam menores chances de sobreviverem nos estuários ou baías ou rios. A Convenção também prevê que os navios passem a realizar o tratamento da água de lastro dentro dos navios, assim evitaria a necessidade de troca oceânica, uma vez que nem sempre é possível realizar essa troca dada as condições meteorológicas.

Adicionalmente aos impactos acima relatados, ainda existe o risco de acidentes com as embarcações e instalações portuárias, na qual pode resultar na queda das cargas nos corpos hídricos. A depender da carga, os danos ao meio ambiente podem ser consideráveis, como por exemplo, o vazamento de petróleo que atingiu a costa brasileira em 2019.

82 Disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lf_in_Salto_Grande_reservoir.jpg. Acesso em 7/08/2023.
83 Disponível em https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=15/03/2010&totalArquivos=88. Acesso em 27/01/2023.

Em virtude dos impactos ambientais negativos que o modal aquaviário ocasiona, tanto a infraestrutura terrestre quanto a manutenção das hidrovias, a sua implementação está sujeita ao processo de licenciamento ambiental no país, conforme prevê a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA - Lei nº 6.938/1981[84]), de forma a possibilitar uma análise dos eventuais impactos e a implementação de medidas de mitigação. Porém, muitos portos já operavam antes da promulgação da PNMA e mesmo no início dos anos 2000, vários portos ainda não haviam se regularizado ambientalmente. Nas duas décadas seguintes, normatizações federais foram editadas para a regularização desses empreendimentos (como o Decreto nº 4.340/2002[85] e a Portaria MMA nº 424/2011[86]), inclusive a Lei nº 12.815/2013[87], que rege a exploração das instalações portuárias brasileiras, estabelece a necessidade de as instalações portuárias serem precedidas de licenças ambientais. Houve grandes avanços na regularização dos portos no Brasil, porém ainda há portos que não possuem licença ambiental, estando na fase de regularização.

O licenciamento ambiental também é um instrumento fundamental para o monitoramento dos impactos da implementação e da operação dos empreendimentos sobre o meio ambiente ao longo do tempo. Essa avaliação é realizada através da execução de programas periódicos de monitoramentos ambientais (por exemplo, da biota aquática e ruídos subaquáticos), e possibilita a análise para implementar medidas mitigadoras aos impactos negativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CNT. **Navegação interior: Infraestrutura existente, gargalos operacionais, demandas não atendidas e ações de curto prazo**. Confederação Nacional dos Transportes, 2017. Disponível em: http://www.hidroviaveis.com.br/wp-content/uploads/2017/03/20170321-navegacao-interior-dnit-final.pdf. Acesso em 4/02/2023.

CNT. Aspectos Gerais da Navegação Interior no Brasil. **Cadernos Hidroviários CNT**. Vol. 1. 178 p., 2019. Disponível em: https://cnt.org.br/aspectos-gerais-navegacao-brasil. Acesso em 4/02/2023.

DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. The recent introduction of a freshwater Asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. **The Veliger**, vol. 38, n. 2. p. 71-175, 1995. Disponível em:

[84] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em 27/01/2023.
[85] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4340.htm. Acesso em 27/01/2023.
[86] Disponível em https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2011/p_mma_424_2011_regularizacaoambientalportosterminaisportuarios.pdf. Acesso em 27/01/2023.
[87] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12815.htm. Acesso em 27/01/2023.

https://www.researchgate.net/publication/260868779_The_recent_introduction_of_Asiatic_bivalve_Limnoperna_fortunei_Mytilidae_into_South_America. Acesso em 4/02/2023.

IMO. **Introduction to IMO**, IMO – the International Maritime Organization, 2017. Disponível em: http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx. Acesso em 4/02/2023.

RICCIARDI, A. Global range expansion of the Asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): another fouling threat to freshwater systems. **Biofouling**, vol. 13, p. 97–106, 1998. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228496006_Global_range_expansion_of_the_Asian_mussel_Limnoperna_fortunei_Mytilidae_Another_fouling_threat_to_freshwater_systems. Acesso em 4/02/2023.

ROVAI, A. S.; TWILLEY, R. R.; WORTHINGTON, T. A.; RIUL, P. Brazilian mangroves: Blue carbon hotspots of national and global relevance to natural climate solutions. **Frontiers in Forests and Global Change**, vol. 4, 2022. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2021.787533. Acesso em 4/02/2023.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M. L. G.; DE-ROSA, T. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, vol. 3, p. 561-570, 2000. DOI: https://doi.org/10.1080/14634980008650693. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/244888247_Brazilian_mangroves. Acesso em 4/02/2023.

EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS: PREPARAÇÃO E ATENDIMENTO NO MODAL AQUAVIÁRIO

Andréa Almeida Lopes de Deus[*]

[*]Portos do Paraná

HISTÓRICO DE EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS

Há registros de diversos grandes acidentes no modal aquaviário que causaram danos ambientais, principalmente com petroleiros quando iniciados os transportes marítimos de petróleo.

Alguns de acidentes podem ser percebidos como momentos chaves na história do transporte marítimo de petróleo, seus derivados e outros produtos químicos, pois levaram ao estabelecimento de normas internacionais e nacionais, além da evolução da preparação para resposta a essas emergências.

Principais ocorrências no mundo

A partir dos anos 1960, existem registros de grandes vazamentos de óleo no mundo, conforme demonstrado na Tabela 1 e Quadro 1. Nesses acidentes ocorreram danos ambientais tanto ao ambiente físico quanto ao meio biótico.

Tabela 1 – Dados de vazamentos ocorridos em acidentes com transporte ou produção de petróleo no mundo.

Fonte: CETESB[88].

	Ano	Local	Ocorrência	Vol. vazado (m³)
1	1967	Inglaterra	Petroleiro Torrey Canyon	119 mil
2	1972	Golfo de Oman	Petroleiro Sea Star	115 mil
3	1973	Porto Rico	Petroleiro Zoe Colocotroni	5 mil
4	1974	Chile	Petroleiro Metula	51 mil
5	1975	Portugal	Petroleiro Jacob Maersk	85 mil
6	1978	França	Petroleiro Amoco Cadiz	230 mil
7	1978	Brasil**	Petroleiro Brazilian Marina	6 mil
8	1979	Caribe	Petroleiro Atlantic Empress	287 mil
9	1983	Africa do Sul	Petroleiro Castillo de Belver	252 mil
10	1988	Mar do Norte	Plataforma Piper Alpha	670 mil
11	1989	Alasca, EUA	Petroleiro Exxon Valdez	40 mil
12	1989	Espanha	Petroleiro Khark 5	70 mil
13	1991	Angola	Petroleiro ABT Summer	260 mil
14	1991	Italia	Petroleiro Haven	144 mil
15	1999	França	Petroleiro Erika	20 mil
16	2002	Espanha	Petroleiro Prestige	63 mil
17	2003	Paquistão	Petroleiro Tasman Spirit	30 mil
18	2004	Brasil	Navio químico Vicuña	291 mil ou 285 ton
19	2007	Coréia	Petroleiro Hebei Spirit	10,5 mil
20	2007	Inglaterra	Navio Conteineiro Napoli	200 mil
21	2010	EUA	Plataforma Deepwater Horizon	779 mil

Quadro 1 – Panorama de alguns desses acidentes emblemáticos.

Torrey Canyon	Em 2017 completou 50 anos do acidente.
	Vazou mais de 100 mil toneladas de óleo cru no canal da Mancha (English Channel);
	Atingiu praias da França e da Inglaterra.
	Mais de 15.000 pássaros morreram em decorrência do acidente.
	Algumas espécies levaram décadas para se recuperar.
	Continua sendo o pior acidente ambiental do Reino Unido.
	1º grande acidente com navio tanque.
	O impacto gerou movimentos internacionais que resultaram na Convenção de Responsabilidade Civil CRC 1969.
	As ações da IMO culminaram na MARPOL em 1973.
	Uma das medidas introduzidas foi o posicionamento dos tanques de lastro segregados onde se espera o maior impacto durante uma colisão ou naufrágio, reduzindo, dessa maneira, a quantidade de carga derramada.

[88] Disponível em https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2013/12/Principais-acidentes-internacionais.pdf. Acesso em 11/08/2023.

Exxon Valdez	Ocorreu no Alasca em 1989.
	Morte de cerca de 250.000 aves marinhas, 3.000 lontras, 300 focas, 250 águias e 22 orcas.
	O derramamento de óleo pode ter participação no colapso da pesca de salmão e arenque em Prince William Sound no início dos anos 90
	Oil Pollution Act, de 1990 (OPA), nos Estados Unidos
	Convenção Internacional Sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, 1990 - OPRC após o acidente.

Deep Water Horizon	Acidente ocorrida em platafroma de exploração de petróleo no Golfo do México.
	É considerado o maior derramamento de óleo na história da indústria de petróleo
	Iniciou em abril de 2010 e o vazamento ocorreu por mais de 85 dias até ser estancado em 15 de julho de 2010
	derramamento matou mais de 82.000 aves, 25.900 mamíferos marinhos, 6.000 tartarugas marinhas e dezenas de milhares de peixes

Esses grandes acidentes atingiram ambientes costeiros, causando grandes impactos a comunidade biológica. Assim, com esse panorama e observando a Tabela 2 abaixo, pode-se observar que nem sempre o acidente com maio quantidade vazada de produto será aquele com maior dano ambiental. O nível do dano dependerá também, além do volume vazado, do local que aconteceu o vazamento, da sensibilidade da área atingida, velocidade, capacidade e qualidade da resposta a emergência.

Tabela 2 – Dados de vazamentos ocorridos em acidentes com transporte ou produção de petróleo no mundo com o tipo de dano causado. Fonte: CETESB[89].

Data	Ocorrência	Vol. vazado (toneladas)	Local	Distância da costa	Dano ambiental na zona costeira
1979	Atlantic Empress	287 mil	Caribe	a 18,52 km da Ilha de Tobago	Poluição em alto mar
1991	ABT Summer	260 mil	Africa	a 1.287 km de Angola	Poluição em alto mar
1973	Zoe Colocotroni	5 mil	Porto Rico	Na zona costeira	severo: praias, turismo, manguezais e pesca
1988	Plataforma Piper Alpha	670 mil	Mar do Norte	193 km da Escócia	Poluição em alto mar
1989	Exxon Valdez	40 mil	EUA	Na zona costeira	severo: praias, turismo, e pesca
2010	Plataforma Deepwater Horizon	779 mil	EUA	80 km de Louisiania	severo: poluição em alto mar, no leito oceânico, nas praias, *saltmarshes* turismo e pesca

Dica

Filme: *Deep Water Horizon*

Documentário: *Derramamento de óleo do século – Amoco Cádiz – National Geographic*

[89] Disponível em https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2013/12/Principais-acidentes-internacionais.pdf. Acesso em 8/08/2023.

Principais ocorrências no Brasil

Navio Vicuña	Explosão seguida de incêndio do navio químico Vicuña, no Porto de Paranaguá (PR) no ano de 2004
	Estima-se que vazaram 4.079 toneladas de metanol e 285 toneladas de óleos (com predominância de óleo combustível marítimo - MF 180).
	Quatro tripulantes perderam a vida.
	Dezenas de animais marinhos foram afetados ao longo de 170 km da Baía de Paranaguá (crustáceos, golfinhos, tartarugas e aves aquáticas) incluindo seis unidades de conservação.
	Houve prejuízo ao cais de atracação e ao terminal onde o navio estava atracado, a pequenas embarcações, atividades portuárias, pesca e ao turismo.
Derramamento de Óleo Litoral do Nordeste	Em 2019, o litoral do nordeste brasileiro foi atingido por manchas de óleo de origem até então desconhecida
	Afetou praticamente todo o Litoral do Nordeste com mais de 400 praias atingidas.
	Foi encontrado óleo em praias do ES e RJ
	159 animais oleados - maioria tartarugas e aves (dados IBAMA)

Outras ocorrências

<u>Desastre do plástico em Hong Kong</u>

Ocorreu após a passagem do Tufão Vicente, quando praias de Hong Kong foram atingidas por toneladas de plástico em formato de pellets que teriam vindo de um navio que os transportava e teria sido atingido pelo tufão. As praias ficaram cobertas pelos *pellets*, afugentando turistas e com possíveis impactos à fauna local que poderiam acabar se alimentando desses *pellets*.

Queda de contêineres no mar

Após a queda de contêineres de um navio, foram identificados diversos tipos de materiais no mar no litoral norte de São Paulo, tais como enfeites de natal, mochilas e eletrônicos. Os resíduos apareceram nas praias e no mar em Peruíbe, Paranapuã, Santos, Bertioga, São Sebastião e Ilha Bela, e a preocupação com a fauna era que essa pudesse usar esse material como alimento.

PREPARAÇÃO PARA EMERGÊNCIAS E LEGISLAÇÃO ASSOCIADA

Principais convenções internacionais

A **MARPOL 73/78**[90] **–** Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios de 1973, alterado em 1978, trouxe para a preocupação com a poluição após o acidente com o navio Torry Canyon, trazendo regras a serem seguidas pelos países signatários, entre eles o Brasil, e pelas embarcações registradas nesses. Entre as diversas regras a serem seguidas, está a obrigatoriedade a exigência de que os navios petroleiros passassem a ter casco duplo ou fundo duplo a partir de 1996, assim como a necessidade de que os tanques de carga desses navios fossem posicionados de forma a ficarem protegidos por tanques ou espaços de lastro e não tanques que transportam óleo.

Essa convenção também estabeleceu regras para o controle da poluição por substâncias nocivas líquidas, determinando a proibição de descarga no mar de resíduos de substâncias categorizadas na convenção, só podendo ocorrer conforme normas operacionais estabelecidas. Outro ponto importante foi o estabelecimento da necessidade de elaboração e manutenção a bordo de plano de emergência de bordo para substâncias líquidas nocivas, conforme os tipos de navios descritos na convenção.

Já nos anos noventa, após o acidente com o Exxon Valdez, os movimentos internacionais levaram a **OPRC**[91] **- Convenção Internacional Sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo.** Seu propósito é o de promover a cooperação internacional e aperfeiçoar as capacidades nacional, regional e global de preparo e resposta à poluição por óleo, e, no caso do Protocolo, à poluição por substâncias potencialmente perigosas e nocivas**.** O Brasil é signatário da OPRC-90 e realizou a ratificação dessa convenção e internalização das suas regras através do

[90] Disponível em https://marpol.site/. Acesso em 27/01/2023.
[91] Disponível em https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-on-Oil-Pollution-Preparedness,-Response-and-Co-operation-(OPRC).aspx. Acesso em 27/01/2023.

Decreto n. 2.870, de 10 de dezembro de 1998[92]. Essa convenção, trouxe a exigência para as partes signatárias que os navios autorizados a arvorar a sua bandeira possuam plano de emergência para poluição por óleo. A obrigatoriedade de ter esse plano também foi estendida aos operadores de plataformas oceânicas e as autoridades e operadores de portos marítimos e instalações para a operação com óleo, devendo em ambos os casos serem coordenados por um sistema nacional.

Planos de emergências individuais

No Brasil, foram estabelecidas normas legais relacionadas com o preparo para emergências com vazamento de óleo em instalações e empreendimentos, assim como para a coordenação pela administração pública do atendimento a essas emergências. Nesse contexto, foi promulgada a Lei nº 9.966/2000[93], chamada de Lei do óleo, que "dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências". Dessa lei, no contexto do modal aquaviário, os portos e instalações portuárias devem possuir meios adequados para o recebimento de resíduos, conforme o artigo 5º da Lei nº 9.966/2000[32] transcrito abaixo:

> "*Art. 5º Todo porto organizado, instalação portuária e plataforma, bem como suas instalações de apoio, disporá obrigatoriamente de instalações ou meios adequados para o recebimento e tratamento dos diversos tipos de resíduos e para o combate da poluição, observadas as normas e critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente.*"

Assim, as instalações portuárias devem se preocupar com a prevenção da poluição por resíduos das embarcações, como por exemplo, resíduos oleosos, devendo estar preparadas para situações emergenciais. Para atendimento às emergências e combate à poluição por óleo ou substâncias nocivas, a Lei do óleo[32], instituiu a obrigatoriedade de elaboração de planos de emergência individuais pelos portos organizados, instalações portuárias e plataformas, devendo esse plano ser aprovado pelo órgão ambiental competente, que geralmente é aquele responsável pelo licenciamento ambiental do empreendimento.

O Plano de Emergência Individual (PEI), por tanto, são elaborados durante o processo de licenciamento ambiental e avaliado pelo órgão ambiental licenciador e seu conteúdo foi

[92] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2870.htm. Acesso em 27/01/2023.
[93] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9966.htm. Acesso em 27/01/2023.

regulamento pela Resolução CONAMA 398/2008[94] que "dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração."

No conteúdo mínimo, estabelecido para o PEI, são definidos critérios para dimensionamento da capacidade de resposta para atendimento às emergências com óleo, definindo quantidades de equipamentos de contenção e remoção do óleo. Em relação a impactos na fauna, há a previsão de procedimentos para proteção da fauna que potencialmente pode ser atingida por um vazamento por óleo na região de influência do empreendimento. Há, ainda, a previsão de identificação e avaliação de riscos, incluído de áreas ecologicamente sensíveis, tais como áreas de desova e alimentação de espécies silvestres.

No processo de licenciamento ambiental, ainda é solicitado para os empreendimentos a elaboração de Plano de Atendimento às Emergências (PAE), que se destina a atendimento a emergências com produtos perigosos e outras emergências.

Planos de área e nacional de contingência

A Lei do óleo[32] institui também a necessidade de que áreas com concentração de empreendimentos que necessitam de elaboração de PEI, esses planos devem ser consolidados em um único plano de emergência com abrangência em toda a área suscetível ao risco de poluição e contendo procedimentos para ação conjunta em caso de atendimento a emergências. A responsabilidade por essa consolidação em um único dos planos de emergências individuais ficou a cargo das instituições exploradoras dos portos organizados e instalações portuárias, com a coordenação do órgão ambiental competente, que por sua vez ficou responsável, também, pela consolidação desses em planos de contingência locais ou regionais.

Os planos de áreas foram regulamentos pelo Decreto nº 4.871[95], de 6 de novembro de 2003, que "dispõe sobre a instituição dos Planos de Áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências".

[94] Disponível em https://www1.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2008/res_conama_398_2008_poluicaoporoleo_revg_res_293_2001.pdf. Acesso em 27/01/2023.
[95] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4871.htm. Acesso em 27/01/2023.

No âmbito da consolidação dos planos de emergências foi estabelecido o plano nacional de contingência para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, atualmente regulamentado pelo Decreto nº 10.950[96], de 27 de janeiro de 2022, no qual é instituído o Grupo de Acompanhamento e Avaliação que deverá ser composto por representantes da Marinha do Brasil, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), sendo responsável pelo acompanhamento de incidentes por poluição por óleo, incluindo a determinação de acionamento de planos de área.

Em relação ao atendimento a fauna atingida por óleo, há o Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo[97] (PAE-Fauna) que é composto pelo Manual de Boas Práticas, Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar (MAREM) e o Plano de fauna oleada do IBAMA. O manual de boas práticas estabelece procedimentos para o manejo de fauna impactada por óleo e define as estruturas mínimas necessárias aos centros e instalações utilizados durante a resposta a um incidente. Sua aplicação é obrigatória na elaboração dos planos de atendimento à fauna oleada de empreendimentos licenciados pelo IBAMA. O Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar (MAREM) foi elaborado a partir de um acordo de cooperação técnica entre o IBAMA e o Instituto Brasileiro do Petróleo (IBP), e para tal, foi realizado um levantamento de dados ambientais de todo o litoral brasileiro e ilhas costeiras para servir de suporte para o planejamento e gestão de uma operação de resposta a acidentes envolvendo derramamento de óleo no mar. O Plano de Fauna Oleada do Ibama organiza a atuação do Instituto em derramamentos de óleo nos quais é importante a presença ativa do Governo Federal.

Outra importante ferramenta nos atendimentos à emergência são os Mapas de Sensibilidade ao óleo, chamadas de Cartas SAO. A Lei nº 9.966/2000[98] atribui ao Ministério do Meio Ambiente a responsabilidade por "identificar, localizar e definir os limites das áreas ecologicamente sensíveis com relação à poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional", gerando as Cartas SAO que devem constar no PEI, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 398/2008, assim como os mapas de sensibilidade ambiental seguindo especificações e normas técnicas para elaboração das Cartas SAO devem constar nos planos de área, conforme o Decreto nº 4.871/2003[95]. Nas Cartas SAO são atribuídos aos ecossistemas mapeados o seu Índice de Sensibilidade do Litoral ao derramamento de óleo – ISL,

96 Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10950.htm. Acesso em 27/01/2023.
97 Disponível em http://ibama.gov.br/paefauna. Acesso em 27/01/2023.
98 Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9966.htm.

que vai do 1 ao 10, sendo o 1 a menor sensibilidade e o 10 a maior sensibilidade, auxiliando em tomadas de decisões quanto as estratégias de atendimento à emergência com óleo.

Assim, o preparo para emergências no Brasil está intimamente relacionado ao cumprimento de requisitos legais, principalmente no âmbito do licenciamento ambiental, pelos empreendimentos abrangidos pelas normas legais que estabelecem a obrigatoriedade de estabelecimento de planos de emergência para atendimento a vazamentos por óleo e outras substâncias nocivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTAQ. **Convenções Internacionais**. Disponível em: https://www.gov.br/antaq/pt-br/assuntos/atuacao-internacional/convencoes-internacionais. Acesso em: 25/08/2022.

BELL, B.; CACCIOTTOLO, M. Torrey Canyon oil spill: The day the sea turned black. **BBC News**, 17 de março de 2017, 2017. Disponível em: https://www.bbc.com/news/uk-england-39223308. Acesso em: 26/08/2022.

BRAGANÇA, D. Contêineres caem no mar e lixo se espalha pela costa de São Paulo. **Oeco**, 23 de agosto de 2017, 2017. Disponível em: https://www.oeco.org.br/noticias/conteineres-caem-no-mar-e-lixo-se-espalha-pela-costa-de-sao-paulo/. Acesso em: 25/08/2022.

BRASIL. **Decreto n. 2.870, de 10 de dezembro de 1998.** Brasília, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2870.htm. Acesso em: 24/08/2022.

BRASIL. **Lei n. 9.966, de 28 de abril de 2000.** Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9966.htm. Acesso em: 24/08/2022.

BRASIL. **Decreto nº 4.871, de 6 de novembro de 2003.** Brasília, DF: Presidência da República, 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4871.htm. Acesso em: 4/02/2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 398/2008**, Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=556. Acesso em: 4/02/2023.

BRASIL. **Cartas de sensibilidade ao óleo**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2022. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/seguranca-quimica/cartas-desensibilidade-ao-oleo.html. Acesso em: 1/06/2022.

BRASIL. **Decreto n. 10.950, de 27 de janeiro de 2022** Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10950.htm. Acesso em: 4/02/2023.

CENACID. Explosão do navio Vicuña – Paranaguá e litoral do Paraná – Novembro/2004. **Centro de Apoio Científico em Desastres - UFPR**. Disponível em: https://cenacid.ufpr.br/portal/missao/explosao-do-navio-vicuna-paranagua-e-litoral-do-parana-novembro2004/. Acesso em 28/08/2022

CETESB. **Principais acidentes internacionais.** Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2013/12/Principais-acidentes-internacionais.pdf. Acesso em: 27/08/2022.

GOTTLIEB, B. Problema de Hong Kong pelota de plástico. **Bioconsequências**, 2012. Disponível em: https://bio-consequencias.blogspot.com/2012/09/pelotas-de-plasticos-plastic-pellets.html. Acesso em: 25/08/2022.

IBAMA. **Manchas de óleo: Litoral brasileiro.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: http://ibama.gov.br/manchasdeoleo. Acesso em: 4/02/2023.

IBAMA. **Manual de boas práticas: Manejo de fauna atingida por óleo**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2018. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/paefauna. Acesso em: 4/02/2023.

MAREM. **Mapeamento ambiental para resposta à emergência no mar**. Disponível em: http://www.marem-br.com.br/. Acesso em: 1/06/2022.

MESQUITA, J. L. Derrame de petróleo no mar, ranking dos piores acidentes. **Mar sem fim,** 27 de novembro de 2019, 2019. Disponível em: https://marsemfim.com.br/derrame-de-petroleo-no-mar-um-ranking-dos-piores. Acesso em: 25/08/2022.

MESQUITA, J. L. O acidente do Exxon Valdez, mais de 30 anos depois. **Mar sem fim,** 15 de abril de 2020, 2020. Disponível em: https://marsemfim.com.br/o-acidente-do-exxon-valdez-mais-de-30-anos-depois/. Acesso em: 25/08/2022.

RESPOSTA À FAUNA OLEADA EM EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS NO MODAL AQUAVIÁRIO

Letícia Koproski[*]

[*]Tríade – Instituto Brasileiro para a Medicina da Conservação

CONTEXTUALIZAÇÃO

Globalmente, os incidentes com derramamento de petróleo a partir de navios e embarcações são recorrentes. Incidentes históricos envolvendo os impactos sobre a fauna já foram registrados no modal aquaviário. Considerando as áreas portuárias, o derramamento de 200 toneladas de combustível, a partir do navio M. V. Bow Jubail, ocorrido em 2019, no Porto de Rotterdam, desencadeou a necessidade de uma resposta internacional de atendimento da fauna, representada pelo atendimento de mais de 500 cisnes-brancos (*Cygnus olor*), e teve prejuízo global estimado de mais de 100 milhões de euros.

No Brasil, a explosão do navio de bandeira chilena Vicuña, com o subsequente derramamento de metanol e óleo, ocorrido em 2004, na área portuária de Paranaguá (Paraná), foi um dos incidentes de maior representatividade registrado no país. O derramamento de 1400 toneladas de álcool e óleo combustível se dispersou por 150 km da costa paranaense, atingindo diferentes ambientes de elevada relevância para a conservação da diversidade biológica, incluindo Unidades de Conservação Estaduais e Federais. Naquele momento, mais de 130 animais foram resgatados entre biguás *(Nannopterum brasilianum*), tartarugas-verde (*Chelonia mydas*), caranguejos (*Ucides cordatus*), garças (*Egreta caerulea*) e atobás (*Sula leucogaster*). E destes,

somente seis indivíduos retornaram ao ambiente natural após processo de reabilitação (PNUD, 2005).

As respostas a esses vazamentos devem ser operacionalmente desenvolvidas, logisticamente planejadas e cientificamente fundamentadas para responder aos desafios dos incidentes. A resposta à fauna é um dos componentes desse sistema e necessita atuar integradamente com as ações de contenção do óleo e limpeza do ambiente, desenvolvendo ações para o atendimento dos animais, visando a sua sobrevivência, saúde, qualidade de vida e conservação (KOPROSKI, 2021).

EFEITOS DO PETRÓLEO SOBRE A FAUNA

Os efeitos do petróleo e de seus derivados sobre a fauna variam de acordo com o tipo e a quantidade de produto, e tambéme em função das características fisiológicas da espécie afetada. Não existe uma relação direta de quantidade de produto derramado com o número de indivíduos afetados. Um derramamento de baixa quantidade em uma área próxima à costa, com elevada concentração de animais, pode ter um impacto negativo maior do que o derramamento de grandes volumes em mar aberto afastado de locais de aglomeração de fauna. Adicionalmente, quanto maior o refinamento das substâncias, maior será a sua toxicidade aos organismos animais (IPIECA, 2004; IPIECA, 2014; POSOW, 2013).

Os efeitos sobre o organismo se iniciam a partir do contato dos animais com o contaminante de maneira direta e indireta. Nos casos de contato direto, os efeitos sobre o organismo se estabelecem em cascata com progressão rápida. Dessa forma, as atividades de atendimento da fauna devem ser acionadas imediatamente após a confirmação dos incidentes para uma maior probabilidade de sobrevivência dos animais.

Como efeitos diretos, observam-se uma série de alterações nos organismos animais, que vão desde os efeitos externos diretos que são mais visíveis e imediatamente debilitantes, como a perda da impermeabilidade e lesões químicas cutâneas, até os efeitos internos de longo prazo, como impactos negativos na taxa de reprodução e na viabilidade de manutenção das populações. Um resumo dos efeitos sob os diferentes grupos taxonômicos é apresentado na Figura 1. Além da contaminação direta do organismo animal, os efeitos ambientais do petróleo sobre a fauna envolvem a contaminação em curto, médio e longo prazo, do ambiente, da água e do alimento.

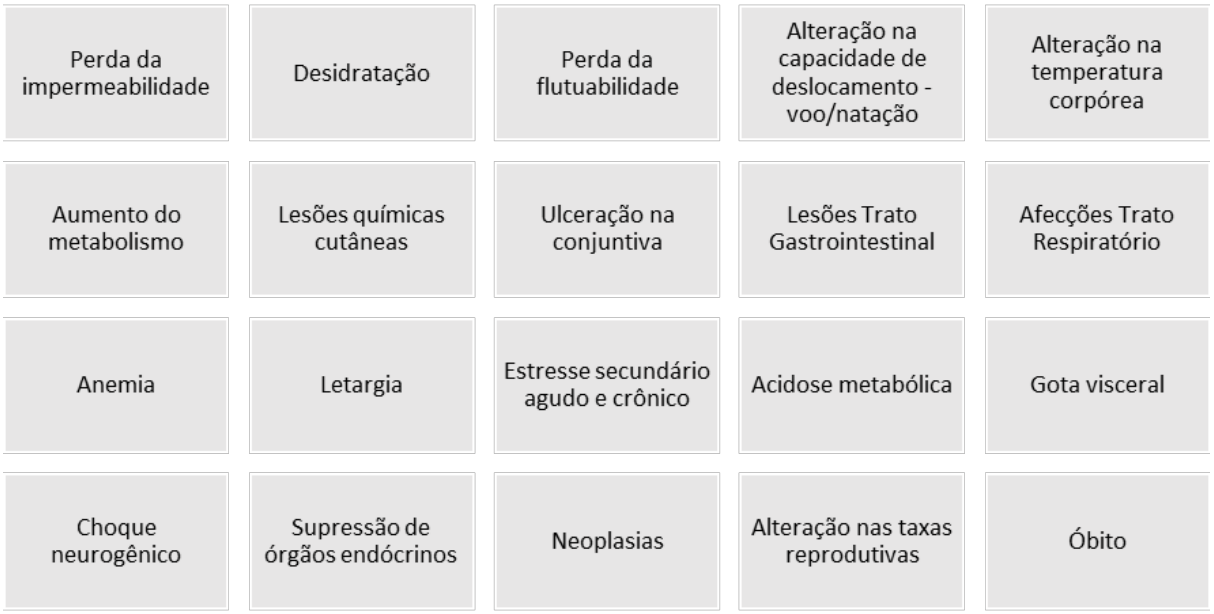


Figura 1 – Resumo dos efeitos diretos do óleo sobre a fauna.

PRINCÍPIOS DO ATENDIMENTO À FAUNA

No Brasil, existe legislação que preconiza a proteção da fauna em derramamento de petróleo e derivados, e demanda que seja estabelecida resposta profissionalizada de atendimento aos animais nesses incidentes. Ela é representada pelo conjunto da Lei Federal 9.605[99], de 12 de fevereiro de 1998; Lei Federal 9.966[100], de 28 de abril de 2000; Decreto Federal 8.127[101], de 22 de outubro de 2013 (revogado pelo Decreto nº 10.950[102], de 27 de Janeiro de 2022); Portaria do MMA 455[103], de 5

[99] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em 27/01/2023.

[100] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9966.htm. Acesso em 27/01/2023.

[101] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d8127.htm. Acesso em 27/01/2023.

[102] Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10950.htm#art28. Acesso em 27/01/2023.

[103] Disponível em https://www.crmv-pr.org.br/uploads/noticia/arquivos/PORTARIA-MMA-no-455_2021-RESGATE+.pdf. Acesso em 27/01/2023.

de outubro de 2021; Resolução CONAMA 293[104], de 2001 (Revogada pela Resolução CONAMA 398[105], de 2008).

Por outro lado, essa resposta também é demandada pelas pessoas que se expõem aos contaminantes, aos riscos de contato com patógenos e aos acidentes no manejo da fauna oleada no intuito de auxiliar esses animais quando as ações profissionais de atendimento da fauna não são estabelecidas. Ainda, ressalta-se que derramamentos de petróleo e derivados são desastres tecnológicos associados a atividades antrópicas, sendo que estas devem ser responsabilizadas e mitigadas, especialmente no caso de atividades sujeitas ao licenciamento ambiental. Com relação à ética e ao bem-estar animal, o sofrimento animal deve ser prontamente minimizado com o estabelecimento de atividades da resposta à fauna. Adicionalmente, espécies selvagens têm valor intrínseco para a conservação, e papel fundamental na manutenção da saúde única e no equilíbrio dos ecossistemas, além das ações de manejo dos animais contribuírem para a construção do conhecimento científico, reforçando a importância do atendimento aos animais oleados.

ESTRATÉGIAS DA RESPOSTA

As estratégias da Resposta ao derramamento de óleo são classificadas em três níveis: primária, secundária e terciária. As atividades desenvolvidas pela Resposta à Fauna em cada uma delas devem ter a devida anuência dos órgãos ambientais competentes.

A Resposta primária é executada prioritariamente pelas equipes responsáveis pela descontaminação ambiental. Concomitantemente às atividades de controle do vazamento e recolhimento do produto, as equipes de descontaminação ambiental serão responsáveis por manter o contaminante afastado dos animais, enquanto as equipes da Resposta à Fauna executam atividades de monitoramento da fauna ocorrente na região afetada pelo incidente, além do recolhimento de carcaças contaminadas. Na resposta secundária são realizadas atividades para manter os animais afastados do contaminante por meio de afugentamento de fauna em risco iminente de contaminação e capturas preventivas de indivíduos ainda não atingidos. Na resposta terciária, o objetivo é realizar o atendimento dos animais diretamente afetados pelo incidente (IBAMA, 2016).

[104] Disponível em https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2001/res_conama_293_2001_revgd_planoemergenciaparaincidentespoluicaoporoleo_revgd_res_398_2008.pdf. Acesso em 27/01/2023.

[105] Disponível em https://www1.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2008/res_conama_398_2008_poluicaoporoleo_revg_res_293_2001.pdf. Acesso em 27/01/2023.

RESPOSTA TERCIÁRIA

A resposta terciária é composta pelo resgate, triagem, despetrolização, reabilitação e destinação da fauna (IBAMA, 2016; IPIECA, 2004; 2014; POSOW, 2013). Todas essas etapas requerem planejamento antecipado das ações, pois quanto mais rapidamente o animal impactado for capturado e submetido ao tratamento e a descontaminação, maiores são as possibilidades de sobrevivência dos indivíduos.

Resgate

Etapa em que são capturados os animais atingidos diretamente pelo incidente. As técnicas e estratégias de captura e contenção devem ser definidas de acordo com as espécies, a severidade da contaminação e as características do ambiente. A abordagem aos animais deve ser silenciosa, rápida, considerando as respostas agressivas de defesa e possibilidades de fuga do animal. Deve-se observar as características anatômicas e identificar as formas de defesa do animal, para evitar acidentes para a equipe e para não ocasionar lesões nos indivíduos. Após a captura, sempre que possível, deve ser executado o primeiro atendimento básico, que compreende a limpeza dos olhos, das narinas e da cavidade oral com solução fisiológica. Em seguida, os animais devem ser devidamente acondicionados em caixas de plástico, madeira e/ou papelão (Figura 2). Independentemente do material, as caixas devem ter orifícios que permitam a ventilação para dispersão dos produtos voláteis do óleo. As caixas podem ser forradas com jornal ou papel toalha quando o animal precisar ser mantido aquecido. Esses itens também podem ser utilizados como material antiderrapante para proteção dos animais. Para aves aquáticas e tartarugas, também podem ser posicionadas toalhas, espumas e colchonetes no piso das caixas para diminuir o impacto sobre a musculatura peitoral. Anfíbios também podem ser acondicionados em caixas plásticas e uma amostra de vegetação pode ser posicionada em seu interior para a manutenção da umidade. Cetáceos podem ser posicionados e transportados sobre colchões ou macas. As caixas de transporte devem ter dimensões adequadas de acordo com o porte dos indivíduos. Deve-se priorizar o acondicionamento individual nas caixas. No entanto, no caso de espécies gregárias, pode-se realizar o transporte conjunto dos indivíduos da mesma espécie.

Figura 2 – Cágado-pescoço-de-cobra e perereca-comum. *Scinax* sp. com lesões no tegumento (direita), ambos oleados, acondicionados em caixas plásticas após a captura. Fotos: Letícia Koproski.

Triagem

Nessa etapa os animais são individualmente avaliados, identificados, e são coletadas amostras biológicas e de contaminantes. Os indivíduos são categorizados de acordo com sua capacidade de recuperação e encaminhados para atendimento de acordo com o quadro clínico geral. Animais contaminados com produtos altamente tóxicos, bem como anfíbios e macroinvertebrados, devem ser encaminhados para lavagem de emergência. Animais admitidos em óbito ou que morrerem na triagem devem ser acondicionados em sacos de papel e encaminhados para necropsia. Animais sem capacidade de sobrevivência ou reabilitação são submetidos à eutanásia, evitando o sofrimento desnecessário. E animais que apresentem condições de sobrevivência e requerem tratamento suporte são encaminhados para a estabilização. A triagem é uma etapa essencial para a organização do tratamento de urgência e emergência ofertado aos animais, otimizando a agilidade, a qualidade e a eficiência das terapias e procedimentos.

Estabilização

Etapa em que os indivíduos permanecem por um período curto de tempo para estabilização das funções vitais onde são submetidos à hidratação, terapia de suporte e demais ações emergenciais

necessárias instituídas em função dos quadros apresentados. Idealmente, objetiva-se que os animais para serem submetidos a despetrolização tenham massa e condição corporal adequadas, apresentem qualidade respiratória e cardíaca, estejam alimentando-se espontaneamente, apresentem valores hematológicos dentro dos parâmetros da normalidade, estejam responsivos e alerta, e apresentem comportamento compatível com a espécie. Na impossibilidade de alcance desses parâmetros, estabelece-se minimamente um período de estabilização de 24 /48 horas antes do início do processo. Recomenda-se que animais que necessitem de sedação ou anestesia para a lavagem, sejam reavaliados quanto às possibilidades de contenção farmacológica.

Despetrolização

É composta pelas etapas de lavagem, enxague e secagem dos animais, para a descontaminação dos indivíduos (Figuras 3 e 4). Ela deve ser executada de forma silenciosa e criteriosa, com atenção constante à contenção dos animais e aos riscos de lesões aos animais e aos integrantes da equipe, bem como às implicações do estresse agudo dos procedimentos.

Em termos gerais, a lavagem será executada posicionando-se os indivíduos sobre mesas com superfícies vazadas ou em recipientes como bacias plásticas, por meio de banhos sequenciais, utilizando-se volume de água adequado ao porte do indivíduo. O procedimento é usualmente executado por, no mínimo, duas pessoas, sendo uma responsável pela contenção e outra pela execução do banho. A lavagem deve ser efetuada com água aquecida na temperatura de 25°C para anfíbios, entre 25-35°C para répteis, 40-42°C para aves, 37-39°C para mamíferos placentários, e 30-35°C para mamíferos marsupiais e xenartros. A água deve ter dureza entre 2-3 °dH (35 – 50 ppm). Deve ser utilizado detergente neutro biodegradável com 28 a 30% de tensoativos. A diluição do detergente será definida em função da qualidade da água e do grau de petrolização dos pacientes, e sua concentração é progressivamente reduzida durante os banhos. Usualmente, a concentração inicia-se em 2%, reduzindo para 1 e 0,5%. Deve-se ter atenção aos riscos de aspiração de detergente e água e a hipersensibilidade das mucosas ao detergente durante a lavagem. Animais que apresentem placas espessas de óleo aderidas ao tegumento podem ser submetidos ao processo denominado de pré-lavagem. Neste procedimento, aplica-se óleo vegetal aquecido a 35-38°C para emulsificação das placas. Após 30-60 minutos, elas podem ser retiradas cautelosamente com o auxílio de gazes e toalhas, com atenção para que a pelagem/plumagem não seja danificada. De

forma geral, recomenda-se também que os animais sejam reidratados por via oral, após o enxague e antes da secagem.

Figura 3 – Lontra marinha (*Enhydra lutris*) oleada anestesiada submetida ao processo de lavagem. Fonte: CC BY 2.0. California DFW.

Figura 4 – Ave aquática submetida ao processo de lavagem. Fonte: CC BY 2.0. California DFW.

O enxágue é realizado com água corrente abundante na mesma temperatura do banho, definida de acordo com o grupo taxonômico, utilizando-se uma ducha com pressão de água entre 3 – 4 kg/cm^2. Recomenda-se a utilização de ducha de 5 cm de diâmetro. Todas as aves necessitam de secagem após o banho. O excesso de água deve ser retirado com o auxílio de toalhas de pano. Em seguida, o animal deve ser mantido em ambiente seco com secador de ar quente até a completa secagem. Toda a mistura de água, detergente e óleo resultante do processo deverá ser captada para destinação adequada dos resíduos. Após a despetrolização os animais devem ser mantidos em reabilitação.

Reabilitação

Nessa etapa os animais são mantidos temporariamente para recuperação da impermeabilização das penas e pelagem, condição corporal e características comportamentais. Durante a manutenção temporária, deve-se ter especial atenção ao controle do estresse, as condições ambientais de temperatura, luminosidade, ventilação, de higienização e ao controle da qualidade da água dos recintos. Além disso, é essencial o fornecimento de nutrição adequada e suporte médico veterinário aos animais.

Destinação

Indivíduos com capacidade de sobrevivência no ambiente natural serão encaminhados para soltura e aqueles que estejam em boas condições de saúde, mas sem capacidade de retorno à natureza, serão encaminhados para manutenção *ex-situ*. Nestes casos, deve-se avaliar minuciosamente a capacidade de adaptação dos indivíduos sob cuidados humanos, objetivando a sua qualidade de vida e manutenção das saúdes mental, física e comportamental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sucesso das operações da Resposta à Fauna está diretamente relacionado ao conjunto de animais atingidos, a vulnerabilidade das espécies, a resposta dos indivíduos a reabilitação, ao nível de preparação e capacitação da equipe, a toxicidade do contaminante, e a disponibilidade de instalações e recursos. Exemplos de sucesso já foram registrados, com indivíduos reabilitados após incidentes sendo capturados anos após a sua soltura, bem como contribuindo com a manutenção da viabilidade de espécies ameaçadas de extinção na natureza. Sendo assim, as ações da Resposta à Fauna devem ser o mais rapidamente implementadas para que se aumente a possibilidade de sobrevivência dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBAMA. **Manual de Boas Práticas: Manejo de fauna atingida por óleo**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2016. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/emergenciasambientais/paefauna2016_plano.pdf. Acesso em: 15/02/2022.

IPIECA. **A Guide to Oiled Wildlife Response Planning**. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2004. Disponível em: https://www.rspca.org.uk/documents/1494939/7712578/Guide+to+Oiled+Wildlife+response+planning+%28IPIECA+2004%29.pdf. Acesso em: 4/02/2023.

IPIECA. **Wildlife Response Preparedness**. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, 2014. Disponível em: http://www.ipieca.org/resources/good-practice/wildlife-response-preparedness. Acesso em: 15/02/2022.

KOPROSKI, L. Preparação para resgate de fauna oleada em áreas portuárias no Complexo Estuarino de Paranaguá Paraná. Pp. 47. **Anais da X Conferência Internacional de Medicina Veterinária do Coletivo**. Instituto de Medicina Veterinária do Coletivo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 170 p., 2021. Disponível em: https://hdl.handle.net/1884/71096. Acesso em: 4/02/2023.

PNUD. **Relatório técnico sobre os impactos gerado a fauna com o derramamento de óleo e explosão do navio Vicuña na Baía de Paranaguá**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Curitiba, 2005.

POSOW. **Oiled Wildlife Response Manual**. Preparedness for Oil-polluted Shoreline Cleanup and Oiled Wildlife Interventions (POSOW), Malta, 2013. Disponível em: https://www.posow.org/documentation/manual. Acesso em: 4/02/2023.

IMPACTOS E IMPORTÂNCIA DOS MONITORAMENTOS DE FAUNA NO MODAL AQUAVIÁRIO COM ÊNFASE NOS CETÁCEOS E QUELÔNIOS [106]

Fernando Hardt[*]

[*] ETHOS Serviços Técnicos LTDA.

As atividades portuárias e obras costeiras trazem consigo variadas fontes de potenciais impactos à fauna marinha, uma vez que tem a capacidade de modificar o ambiente. No Brasil, grande parte das instalações portuárias se encontra em regiões estuarinas/costeiras, áreas reconhecidamente de importância ecológica para um grande número de espécies da fauna.

O tráfego de embarcações e as atividades de dragagem e derrocagem (retirada ou destruição de rochas) para manutenção ou aumento de profundidade de canais de acesso aos portos, são fontes geradoras de ruídos subaquáticos de alta intensidade. Tais ruídos podem gerar impactos importantes sobre a fauna aquática.

Os ruídos das atividades portuárias se propagam por todo o ambiente, sendo mais intensos em baixas frequências, expondo a fauna aquática à poluição sonora (RICHARDSON *et al*., 2005). Os potenciais efeitos dessas atividades nem sempre podem ser observados a curto prazo, sendo que a longo prazo podem tornar-se graves (MERCHANT *et al*., 2012). Os cetáceos, pelo fato de produzirem sons com diversas finalidades (por exemplo: transferência de informação de um indivíduo para outro; corte, acasalamento, organização social, agressividade, defesa, laços mãe x filhotes, localização de presas entre outros) podem ser diretamente afetados por tais atividades.

Os ruídos antropogênicos subaquáticos podem gerar três efeitos principais sobre os cetáceos, sendo eles, mascaramento, mudanças comportamentais e perda temporária ou permanente da

[106] Artigo publicado no Fauna News em 28/04/2022. Disponível em https://faunanews.com.br/a-importancia-do-monitoramento-de-cetaceos-e-quelonios-no-modal-aquaviario/

audição (RICHARDSON, 1995). O primeiro efeito, mascaramento, acontece quando o ruído ocorre com uma intensidade que impede os animais de se comunicarem eficientemente. O segundo efeito, mudanças comportamentais, ocorre quando os animais se comportam de um modo diferente do que se comportariam quando o ruído não está presente (BRITO, 2012). Entre as diferentes reações que podem ser observadas em curto prazo, podemos citar o afastamento ou abandono de um local, evitando áreas importantes de alimentação, com possíveis consequências para as espécies. E o terceiro efeito, perda temporária ou permanente da audição, ocorre quando os níveis sonoros são de tal intensidade que geram efeitos fisiológicos, alterando a capacidade do animal de perceber sons, ou seja, podem ocorrer mudanças em seu limiar auditivo (RICHARDSON, 1995).

Para as populações de tartarugas marinhas, as atividades portuárias, bem como os vários fatores ligados ao desenvolvimento costeiro desordenado são potenciais causadores de impacto (MARCOVALDI *et al*., 2018). Outros fatores causadores de impactos são, a movimentação da areia da praia (extração de areia e aterros); foto-poluição; tráfego de veículos; presença humana nas praias; ancoradouros e molhes, entre outros (SFORZA *et al*., 2017). Por se tratarem de espécies de natureza altamente migratórias, mudanças de disponibilidade de recursos alimentares, de circulação de correntes marinhas e ventos podem comprometer seu ciclo de vida longo e complexo (MARCOVALDI *et al*., 2018).

Dragagens são potencialmente impactantes, sendo que a movimentação do equipamento no fundo muitas vezes é imperceptível às tartarugas marinhas, que acabam sendo sugadas junto com o sedimento, principalmente em áreas de agregação, muitas vezes causando a sua morte (GOLDBERG *et al*., 2015). Algumas medidas mitigadoras vem sendo exigidas por órgãos ambientais, como a utilização de dispositivos defletores de tartarugas instalados na ponteira de sucção das dragas, visando a prevenção de captura incidental de quelônios (SFORZA *et al*., 2017). Imagens de defletores nas ponteiras das dragas podem ser observados nas Figuras 1 e 2.

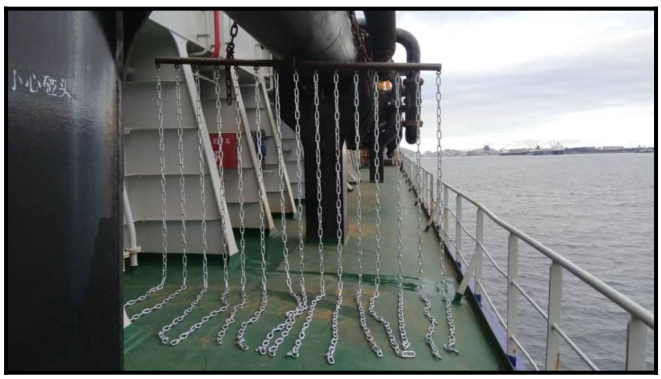


Figura 1 – Dispositivo defletor na ponteira de sucção das dragas para evitar a sucção de quelônios. Fonte: Acervo Fernando Hardt/APPA.

Figura 2 – Grade interna na ponteira de sucção das dragas para evitar a sucção de quelônios. Fonte: Acervo Fernando Hardt/APPA.

Locais com populações residentes ameaçadas e áreas de alimentação merecem especial atenção (como, por exemplo, os cetáceos e quelônios que ocorrem nos estuários do Sul do Brasil). O boto-cinza é um pequeno cetáceo que ocorre principalmente nos ecossistemas costeiros que sofrem grande pressão antrópica, como baías, enseadas e estuários, sendo que a espécie foi categorizada como Vulnerável (VU) pelo Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ROSAS *et al*., 2018).

A toninha, *Pontoporia blainvillei*, é reconhecidamente o pequeno cetáceo mais ameaçado do Atlântico Sul Ocidental, devido aos altos níveis de mortalidade acidental em rede de espera ao longo de praticamente toda a área de distribuição. Com base no declínio já ocorrido e projetado, a espécie foi categorizada como Criticamente em Perigo (CR), pelo Livro Vermelho da Fauna

Brasileira Ameaçada de Extinção e a tendência populacional para a espécie é classificada como "declinando" (DANILEWICZ *et al*., 2018).

Os estuários do sul do Brasil são importantes áreas de alimentação para os quelônios, principalmente para duas espécies, a Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e a Tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*). Ambas as espécies foram classificadas com o status de Vulnerável pelo Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ALMEIDA *et al*., 2018; Santos *et al*., 2018), destacando a importância de sua conservação em locais estratégicos ao longo de sua distribuição.

Com a finalidade de identificar e mensurar os potenciais impactos gerados pelas atividades portuárias e costeiras sobre a fauna aquática, os órgãos ambientais têm exigido que os empreendimentos desenvolvam monitoramentos ambientais como condicionantes para a sua operação. Tais monitoramentos geram uma ampla gama de informações que podem subsidiar ações de conservação das espécies bem como indicar medidas mitigadoras dos potenciais impactos causados por estas atividades. Os monitoramentos podem, por exemplo, gerar estimativas populacionais calculadas anualmente, permitindo verificar alterações na dinâmica das populações, como aumento ou declínio ao longo do tempo. Considerando a poluição sonora gerada por essas atividades, os monitoramentos podem ainda indicar possíveis alterações na ocupação das áreas ou mesmo o abandono de uma determinada área pelos animais.

Um exemplo de monitoramento de cetáceos e quelônios de longo prazo é o que vem sendo desenvolvido pela Portos do Paraná, desde o ano de 2014, com amostragens mensais ininterruptas. O esforço amostral deste monitoramento foi de mais de 160 dias de campo e mais de 300 horas de observação direta dos animais (APPA, 2021). Para os cetáceos, este monitoramento prevê o reconhecimento individual dos animais através de marcas naturais em sua nadadeira dorsal utilizando a técnica da foto-identificação. Um dos resultados obtidos com essa técnica foi a elaboração de um catálogo atualmente com 397 animais identificados individualmente e que vêm sendo acompanhados ao longo do tempo[107].

Através do reconhecimento individual foi possível verificar que alguns animais apresentam preferência por certas áreas, como, por exemplo, a região do cais oeste do Porto de Paranaguá (Paraná). A ocorrência de botos na área dos berços de atracação está relacionada principalmente com a facilidade de captura de presas devido à disponibilidade destas e a presença de barreiras (costado dos navios atracados). Os animais utilizam estas barreiras para encurralar as presas

[107] Disponível em: https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Meio-Ambiente/Pagina/Monitoramento-da-Biota-Aquatica. Acesso em 27/11/2022.

facilitando a sua captura (Figura 3). Este comportamento já foi registrado neste local há mais de 12 anos (DOMIT, 2010).

Figura 3 – Boto cinza (*Sotalia guianensis*) realizando a captura (A) e perseguição (B) de presas contra o costado dos navios atracados.Fonte: Fernando Hardt/APPA.

Outra importante informação obtida com a técnica da foto-identificação é o acompanhamento de marcas específicas, como ferimentos, que alguns animais podem apresentar, possivelmente associados com interação com embarcações ou petrechos de pesca. Reconhecer o animal individualmente permite verificar a evolução da marca ou mesmo os possíveis efeitos sobre o animal. Através das estimativas populacionais geradas anualmente foi possível observar que a população de botos-cinza da Baía de Paranaguá se manteve estável ao longo dos 8 anos (APPA, 2021).

A ocorrência de espécies em alguns ambientes que sofrem impactos, como regiões portuárias, pode indicar que as espécies apresentam algum nível de tolerância às perturbações antrópicas. Porém, é necessário considerar os diferentes desafios que os animais enfrentam por permanecer nessas áreas e tolerar a perturbação, como a exposição a efeitos secundários como alta poluição sonora e presença de embarcações (RICHARDSON *et al*., 2005). Em longo prazo, os impactos acumulativos são de grande importância, porém possivelmente serão detectados apenas após alguns anos de monitoramento das populações.

É importante que os dados gerados pelos monitoramentos sejam utilizados em ações de conservação das espécies ameaçadas que habitam áreas críticas, indicando padrões de ocupação, áreas prioritárias, ações de mitigação aos potenciais impactos, entre outros fatores importantes para a sua preservação.

Utilizando ainda o exemplo do monitoramento dos Portos do Paraná, através da interação dos subprogramas dos monitoramentos ambientais, foi criado um material educativo tendo como público-alvo os pilotos das embarcações de apoio aos navios[108]. Este material teve como objetivo, além de informar a respeito das principais áreas de concentração da espécie, conscientizar os pilotos das embarcações que transitam em áreas intensamente utilizadas pelos botos-cinza. Tais ações orientam os pilotos sobre procedimentos adequados na presença de um grupo de cetáceos, evitando as interações negativas entre os animais e as embarcações.

Relativo aos quelônios, foram fortalecidas ações de conscientização dos pescadores sobre medidas a serem tomadas em casos de captura incidental nos Seminários de Pesca (realizados em quatro comunidades pesqueiras), como, por exemplo, procedimentos básicos para ampliar a probabilidade de sobrevivência do indivíduo quando capturado.

Considerando o acima exposto, destaca-se a importância da execução de monitoramentos de fauna de empreendimentos portuários em áreas de importância ecológica, visando minimizar os potenciais conflitos com espécies ameaçadas e gerar subsídios para ações de conservação das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA - APPA. **Relatório anual do subprograma de monitoramento de cetáceos e quelônios**. Programa de monitoramento da biota aquática e determinação de bioindicadores, 2021.

ALMEIDA, A. P.; SANTOS, A. J. B.; THOMÉ, J. C. A.; SOARES, S. S.; MARCOVALDI, M. A.; BELINI, C.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M. Â.; SANTOS, A. S. DOS.; LOPEZ-MENDILAHARSU, M. *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). Pp.26-30. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis**. Brasília, ICMBio. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-

[108] Disponível em: https://www.portosdoparana.pr.gov.br/sites/portos/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/appa_-_pga_-_pcs_-_folder_botos_web.pdf. Acesso em 27/11/2022.

conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro-vermelho/livro-vermelho-da-fauna-brasileira-ameacada-de-extincao-2018. Acesso em: 4/02/2023.

BRITO, I. M. B. Utilização do estuário do Sado pela população residente de roazes (*Turisops truncatus*) e interacções com a navegação. 67 p. **Dissertação** (Mestrado em Ecologia Marinha) – Universidade de Portugal, Lisboa., 2012. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/jspui/handle/10451/7432. Acesso em 28/01/2023.

DANILEWICZ, D., SECCHI, E., MORENO, I. B., FLORES, P. A. C.; SICILIANO, S. *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d 'Orbigny, 1844). Pp. 143-148. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II - Mamíferos**. Brasília, ICMBio. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro-vermelho/livro-vermelho-da-fauna-brasileira-ameacada-de-extincao-2018. Acesso em: 4/02/2023.

DOMIT, C. Ecologia comportamental do boto-cinza (van Bénéden 1864), no complexo Estuarino de Paranaguá, Estado do Paraná. **Tese** (Doutorado em Zoologia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 219 p., 2010. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/48375. Acesso em 28/01/2023.

GOLDBERG, D. W.; ALMEIDA, D. T.; TOGNIN, F.; LOPEZ, G. G.; PIZETTA, G. T.; LEITE JUNIOR, N. O.; SFORZA, R. Hopper dredging impacts on sea turtles on the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. **Marine Turtle Newsletter**, vol. 147, p. 16-20, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283316693_Dredging_Impacts_on_Sea_Turtles_on_the_Northern_Coast_of_Rio_de_Janeiro_State_Brazil. Acesso em 28/01/2023.

MARCOVALDI, M. Â.; LOPEZ, G. G.; SOARES, L. S.; SANTOS, A. S. DOS. BELINI, C.; SANTOS, A. S. DOS; LOPEZ, M.; LOPEZ-MENDILAHARSU, M. *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766). Pp. 31-36. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis**. Brasília, ICMBio. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro-vermelho/livro-vermelho-da-fauna-brasileira-ameacada-de-extincao-2018. Acesso em: 4/02/2023.

MERCHANT, N. D.; WITT, M. J.; BLONDEL, P.; GODLEY, B. J.; SMITH, G. H. Assessing sound exposure from shipping in coastal waters using a single hydrophone and Automatic Identification System (AIS) data. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 7, p. 1320-1329, 2012. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2012.05.004

RICHARDSON, W. J.; GREENE, C. R. JR.; MALME, C. I.; THOMSON, D. H. **Marine mammals and noise**. Academic Press, San Diego, 1995. DOI: 10.1016/C2009-0-02253-3

ROSAS, F. C. W.; EMIN-LIMA, R.; SICILIANO, S.; FLORES, P. A. C. *Sotalia guianensis*. Pp. 127-133. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira**

Ameaçada de Extinção: Volume II - Mamíferos. Brasília, ICMBio. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro-vermelho/livro-vermelho-da-fauna-brasileira-ameacada-de-extincao-2018. Acesso em: 4/02/2023.

SANTOS, A. S.; SOARES, S. S.; MARCOVALDI, M. A.; MONTEIRO, D. S.; GIFFONI, B.; ALMEIDA, A. P. *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758). Pp. 20-25. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis**. Brasília, ICMBio. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro-vermelho/livro-vermelho-da-fauna-brasileira-ameacada-de-extincao-2018. Acesso em: 4/02/2023.

SFORZA, R.; MARCONDES, A. C. J.; PIZETTA, G. T. **Guia de Licenciamento Tartarugas Marinhas: Diretrizes para Avaliação e Mitigação de Impactos de Empreendimentos Costeiros e Marinhos.** Brasília: ICMBio, 2017. Disponível em: https://www.tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/2017/2017_Guia_de_Licenciamento_Tartarugas_Marinhas_ICMBio.pdf. Acesso em 28/01/2023.

IMPACTO DE HIDROVIAS E PORTOS NO PLÂNCTON E BENTOS

Angeline Saucsen Weisheimer[*]

[*] Grupo Acquaplan

O plâncton compreende os organismos que vivem na coluna d'água e não possuem a capacidade de se locomover contra a correnteza. É dividido em três grupos: fitoplâncton, zooplâncton e ictioplâncton.

O fitoplâncton compreende os organismos que realizam a fotossíntese na coluna d'água, sendo o grupo mais abundante as diatomáceas (*Bacillariophyta*) (Figura 1). As diatomáceas são responsáveis pela produção de oxigênio (O_2) (cerca de 40% do total produzido no planeta) e pela retirada de dióxido de carbono (CO_2), transportando para o fundo do oceano. É nossa responsabilidade mantermos o "Carbono azul" limpo, ou seja, mantermos o "pulmão" do planeta saudável. Essa é uma das funções do plâncton que engloba não só os impactos de hidrovias e portos, mas toda a nossa atividade e existência.

Figura 1 – Diatomáceas (*Bacillariophyta*). Foto: Rodrigo Macedo.

As diatomáceas usam a sílica, presente nos oceanos pela decomposição de carapaças de diatomáceas "mortas", para a construção de suas "novas" carapaças. Com a acidificação do oceano, decorrente da poluição atmosférica, como por exemplo, a queima de combustíveis dos motores dos navios (SHEPPARD, 2019), as carapaças das diatomáceas se dissolvem mais lentamente (o que anteriormente era visto como resistência desses organismos à acidificação, e um ponto positivo). No entanto, já se sabe que é um problema. Como resultado, as diatomáceas afundam em camadas de água mais profundas, antes de se dissolverem e reciclarem a sílica. Resultando em escassez de sílica na camada superficial da zona fótica (PETROU *et al*., 2019), onde é necessária para formar novas carapaças de diatomáceas, podendo eventualmente representar um problema sério para a produção de oxigênio.

Outro problema originário pela operação de portos é o aumento de compostos nitrogenados, como nitrogênio e amônia, originários de efluentes, de cargas de grãos ou fertilizantes (Figura 2). Com isso, há maior disponibilidade de nutrientes para o fitoplâncton, aumentando a sua concentração, podendo originar as florações. Essas florações podem impedir a passagem de luz, impedindo a fotossíntese e "matando" os organismos por falta de oxigênio.

Figura 2 – Material particulado decorrente do carregando de grãos ou fertilizantes em navios no Porto de Paranaguá. Foto: Angeline Saucsen Weisheimer.

Vale ressaltar que algumas espécies de fitoplâncton são tóxicos ou potencialmente tóxicos em grande concentração. Em 2018, foi registrada uma floração que ocorreu no Parque Nacional Marinho da Ilha dos Currais - PR pela espécie *Ostreopsis* cf. *ovata* que contamina os bivalves (mexilhões e ostras, ou seja, o bentos) (TIBIRIÇÁ *et al*., 2019).

Em resumo, o fitoplâncton potencialmente nocivo, pode contaminar nossas águas, ostras e consequentemente nosso pescado. Pode ainda acarretar em morte de peixes e até doenças em humanos. Um outro exemplo que aumenta a quantidade de nutrientes na água são os efluentes portuários e domésticos. Os portos precisam ter uma boa drenagem para que grãos, fertilizantes e o "efluente comum" não caia "cru" em nossos mares. Lembrando que o nosso foco é proteger nossos mares e oceanos responsáveis pela respiração do planeta, pela regulação do clima.

O zooplâncton é dividido em dois grupos, holoplâncton, organismos que vivem todo o seu ciclo de vida na coluna d'água e meroplâncton, organismos que passam a "infância" na coluna d'água e a fase adulta no bentos. O grupo mais abundante do zooplâncton são os copépodes. Um exemplo de copépode é o piolho do mar, que parasitas peixes como o salmão e acarreta em perdas produtivas. Outro grupo do plâncton é o ictioplâncton que compreende os ovos e larvas de peixes.

O bentos compreende os organismos que vivem associados a algum tipo de substrato. O bentos de substrato inconsolidado compreende os animais que vivem na areia ou lama, como os poliquetas (*Polychaeta*), também chamadas de minhocas marinhas (Figura 3). Os principais impactos negativos de hidrovias no bentos de substrato inconsolidado são a dragagem e o canal de

navegação. Pois com o revolvimento do sedimento não há tempo de regeneração de espécies, alterando a ecologia do local. Metros fazem a diferença para espécies tão pequenas. Em estudo realizado no litoral do Paraná (NEGRELLO-FILHO *et al*., 2018), foi registrado que a riqueza (quantidade de espécies) no canal de navegação é bem menor comparado a riqueza dos pontos amostrados em paralelo.

Outro impacto da dragagem seria o deslocamento de espécies para outros lugares (por exemplo espécies de sedimento fino, como a lama irem para a areia, sedimento mais grosso), podendo morrer ou colonizar outros ambientes se forem espécies com maior capacidade de adaptação e/ou exóticas.

O bentos de substrato consolidado compreende os animais invertebrados - com exceção do Subfilo *Urochordata*, que vivem associados a um substrato duro. Esse substrato pode ser natural, como as rochas ou carapaças de tartaruga, ou artificial, como as embarcações e estruturas portuárias (píers, estacas, plataformas). Exemplos conhecidos de bentos consolidado são as esponjas-do-mar (Filo *Porifera*), estrelas-do-mar (Classe *Echinodermata*), cracas (Classe *Cirripedia*) e ostras (Classe *Bivalvia*). Uma parte do bentos consolidado passa a sua infância e juventude livre no mar como meroplâncton, ou seja, com seus ovos e larvas na coluna d'água. Durante a fase adulta, esses animais procuram um substrato duro para se fixar e crescer, e então se reproduzir.

Figura 3 – Polychaeta coletado no CEP (Complexo Estuarino de Paranaguá). Foto: Angeline Saucsen Weisheimer.

Um dos impactos do modal aquaviário nesse grupo é a disponibilização de substratos artificiais, como as estacas das estruturas portuárias (Figura 4) e o casco de navios. Esse impacto se torna negativo quando ovos de espécies exóticas e invasoras que foram parar em uma determinada região ali se fixam. Essas espécies têm a vantagem adaptativa de se assentarem mais rápido e/ou não possuírem predador natural, isto é, são melhores competidoras que as espécies nativas. Ocasionando assim consequências negativas para os ecossistemas marinhos ao longo de todo o planeta (Figura 5). Além da perda da biodiversidade, as espécies exóticas e invasoras podem ter consequências em toda a teia trófica do local, com prejuízos econômicos para as atividades comerciais locais e regionais.

Espécies de bentos consolidado podem "pegar carona" no casco de navios e colonizar novos mares e oceanos. Existem "dois tipos de carona": a bioincrustação e o transporte de espécies na água de lastro. Se os ovos e larvas encontrarem condições favoráveis podem colonizar novos ambientes. O coral floco-de-neve (*Carijoa riisei* – Filo Cnidaria) (Figura 6) é um exemplo de uma invasão histórica e tem a sua ampla dispersão, graças ao intenso tráfego marítimo.

Figura 4 – Estrutura portuária no CEP. Note a "mancha laranja" (Nota: pode ser uma espécie exótica de briozoário (*Schizoporella* spp. – Filo *Bryozoa*)). Foto: Angeline Saucsen Weisheimer.

Figura 5 – “Mancha laranja” pode ser uma espécie exótica de briozoário (*Schizoporella* spp. – Filo Bryozoa). Note que esse “laranja” cresce em cima de espécies nativas, impedindo a respiração e a alimentação, além de tomar o seu espaço. Provocando a morte das mesmas. Foto: Angeline Saucsen Weisheimer.

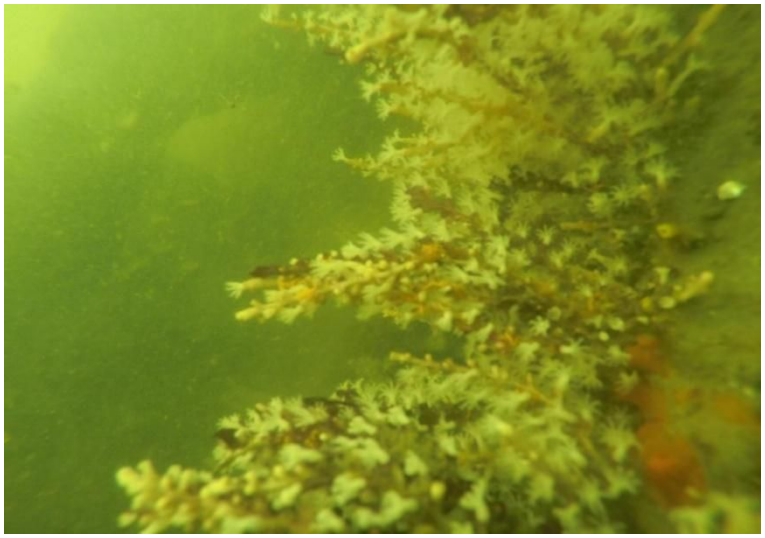


Figura 6 – Coral floco-de-neve (*Carijoa riisei*) no CEP, espécie invasora. Foto: Angeline Saucsen Weisheimer.

Outra espécie exótica é o ofiúro, “estrelinha” laranja, *Ophiotela mirabilis* (Figura 7), registrado em maior abundância próximo a área portuária e canal de navegação no litoral do Paraná (DERVICHE *et al*., 2021).

Figura 7 – Ofiúro, “estrelinha laranja” (*Ophiotela mirabilis*) no CEP, espécie invasora. Foto: Angeline Saucsen Weisheimer.

A legislação brasileira proíbe a introdução de espécies exóticas invasoras (Art. 31 da Lei nº 9.985/2000[109]; Art. 25, 38 e 67 do Decreto nº 6.514/2008[110]) e incentiva o estudo/ monitoramento dessas espécies a fim de nortear ações de controle (Art. 10.1.8 e 13.1.1 do Decreto nº 4.339/2002[111]). A Diretoria de Portos e Costas (DPC) da Marinha do Brasil possui normativas para o gerenciamento da água de lastro de navios (NORMAM-20[112]) e para o controle de sistemas anti-incrustantes em embarcações (NORMAM-23[51]) a fim de evitar contaminação ao meio ambiente.

Na prática, a fiscalização se dá pela Marinha do Brasil através de agentes de autoridade marítima. A autoridade portuária pode auxiliar a fiscalização através de monitoramentos ambientais no âmbito das licenças de operação de portos. Tais como os monitoramentos da comunidade planctônica e da bentônica a fim de detectar espécies exóticas invasoras, a verificação da documentação referente ao gerenciamento da água de lastro, além de programa de educação ambiental para portuários, tripulantes e comunidades do entorno.

109 Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em 28/01/2023.
110 Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso em 28/01/2023.
111 Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4339.htm. Acesso em 28/01/2023.
112 Disponível em: https://gp.pro.br/normam.html. Acesso em 28/01/2023.

Outro impacto dos portos, cidades e navios é o lixo marinho, com destaque para o plástico. Não existe plástico biodegradável, o que existe é um plástico que se quebra em minipedaços, tornando-se microplástico. Já foi registrado consumo de microplástico por mexilhões (bentos de substrato consolidado) e copépodes (zooplâncton). Fibras de náilon são semelhantes ao fitoplâncton, item alimentar dos copépodes (zooplâncton) (COPPOCK *et al*., 2019).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COPPOCK, R. L.; GALLOWAY, T. S.; COLE, M., FILEMAN, E. S.; QUEIRÓS, A. M.; LINDEQUE, P. K. Microplastics alter feeding selectivity and faecal density in the copepod, *Calanus helgolandicus*. **Science of The Total Environment**, vol. 687, p. 780-789, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334672420_Microplastics_alter_feeding_selectivity_and_faecal_density_in_the_copepod_Calanus_helgolandicus. Acesso em: 4/02/2023.

DERVICHE, P.; SAUCSEN; A., SPIER, D.; LANA, P. Distribution patterns and habitat suitability of the non-native brittle star *Ophiothela mirabilis* Verrill, 1867 along the Western Atlantic. **Journal of Sea Research**, vol. 168, p. 101994, 2021. DOI: 10.1016/j.seares.2020.101994

NEGRELLO-FILHO, O. A.; UGAZ-CODINA, J. C.; OLIVEIRA, L. H. S.; SOUZA, M. C.; ANGULO, R. J. Subtidal soft sediments of the Paranaguá Bay inlet: mapping habitats and species distribution at a landscape scale. **Brazilian Journal of Oceanography**, vol. 66, n. 3, p. 255-266, 2018. DOI: 10.1590/s1679-875920180192406603

PETROU, K.; BAKER, K. G.; DAVIDSON, A. T. Acidification diminishes diatom silica production in the Southern Ocean. **Nature Climate Change**, vol. 9, p. 781-786, 2019. DOI: 10.1038/s41558-019-0557-y. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335410153_Acidification_diminishes_diatom_silica_production_in_the_Southern_Ocean. Acesso em: 4/02/2023.

SHEPPARD, C. **World Seas: an environmental evaluation**. Volume III: Ecological issues and environmental impacts. 2ª Edition. Academic Press, 650 p., 2019. DOI: 10.1016/C2015-0-04336-2

TIBIRIÇÁ, C. E. J. A.; LEITE, I. P.; BATISTA, T. V. V.; FERNANDES, L. F.; CHOMÉRAT, N.; HERVE, F.; HESS, P.; MAFRA, L. L. Jr. *Ostreopsis* cf. *ovata* bloom in Currais, Brazil: Phylogeny, toxin profile and contamination of mussels and marine plastic litter. **Toxins**, vol. 11, n. 8, p. 446, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/toxins11080446

CONHEÇA OS AUTORES

CONHEÇA OS AUTORES

Ana Carolina Horta Borges

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
midias@icasconservation.org.br

Graduanda em Publicidade e Propaganda pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Atualmente, atua como estagiária do setor de comunicação do ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres, auxiliando na produção de conteúdo para as redes sociais e demais canais de comunicação.

Ana Luisa Mengardo

Setor de Licenciamento de Empreendimentos de Transporte Rodoviário – ILTR/CETESB, amengardo@sp.gov.br

Graduada em Ciências Biológicas (bacharel e licenciada) e mestre em Ecologia pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Atuou nas áreas de pesquisa em ecologia, guia turística de estudo de meio, consultoria e gestão ambiental; e na área da educação com aulas presenciais e EAD, além da coordenação, criação e edição de materiais didáticos (Ciências e Biologia). Atualmente atua como técnica ambiental no Setor de Licenciamento de Empreendimentos de Transporte Rodoviário da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), desde 2014.

Andréa Almeida Lopes de Deus

Portos do Paraná, andrea.almeidald@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas, pós-graduada em Direito e Gestão Ambiental, em Docência no Nível Superior e Mestra em Ecologia e Recursos Naturais. Atua, desde 2011, como analista ambiental com foco na área de gestão ambiental e licenciamento ambiental. Atualmente, é analista ambiental portuária com foco na área de gestão integrada de SSMA e de gerenciamento de riscos e gestão de planos de emergências.

Andréia Nasser Figueiredo

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
deianasserfig@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Mestra em Ecologia e Recursos Naturais e doutora em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPG-ERN) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), ambos na área de Educação Ambiental. Atua como educadora e coordenadora de projetos e cursos de formação em Educação Ambiental no grupo Escola da Floresta/Sítio São João (São Carlos/SP) desde 2009. É sócia-fundadora e educadora da empresa Fubá Educação Ambiental, desde 2015. Desde 2018, é a educadora responsável pelo componente educativo de todos os projetos do ICAS.

Angeline Saucsen Weisheimer

Grupo Acquaplan, asw.angeline@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas, mestra e mergulhadora científica reconhecida pela SSI como Marine Ecology Diver. Vasta experiência em gestão portuária (licenças de operação dos Portos de Paranaguá - LO n° 1173/2013 e Antonina - LO nº 1364/2017, ARTs 07-1050/2018, 07-1633/2018 e 07-1634/2018 e Terminal de Contêineres de Paranaguá - LO n° 1356/2016, ART 07-2166/2022). Tem experiência em biodiversidade, meio ambiente, oceanografia biológica, Sistema de Gestão Ambiental (SGA), Sistema de Gestão Integrado (SGI), Plano Básico Ambiental (PBA), licenciamento ambiental, elaboração de relatórios ambientais e análises estatísticas de indicadores de qualidade e contaminação ambiental e sustentabilidade. Além de sólida experiência (mais de 5 anos) em gestão de projetos com metodologias ágeis (Kanban).

Arnaud Leonard Jean Desbiez

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
arnaud@icasconservation.org.br

Zoólogo e mestre em Natural Resource Management pela Cranfield University Silsoe, obteve um Ph.D. em Gestão da Biodiversidade pelo Instituto Durrell de Conservação e Ecologia da Universidade de Kent, no Reino Unido. É fundador o ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres – para apoiar dois grandes projetos que coordena: o Programa de Conservação do Tatu-Canastra e o Projeto Bandeiras & Rodovias. Seu trabalho foi apresentado na National Geographic pela BBC Nature e, recentemente, foi apresentado em um documentário de 60 minutos na PBS. Agraciado pelo Whitley em 2015, considerado o Oscar da Conservação. Atua como coordenador regional da Royal Zoological Society of Scotland, coordenador do Conservation Breeding Specialist Group no Brasil e professor da Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade.

Audrey Brisseau

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
audreybrisseau@yahoo.fr

Graduada em Ciências Econômicas e em Marketing & Gestão na França, atuou como coordenadora de Projetos & Comunicação durante 15 anos na Universal Music. Atualmente, trabalha no desenvolvimento de estratégias, planejamento e criação de conteúdo para os diversos canais de comunicação, incluindo redes sociais, do ICAS.

Barbara Zucatti

Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF/UFRGS),
barbarazucatti@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e mestra em Ecologia pela mesma universidade, onde atuou no Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF). Seus principais assuntos de interesse em pesquisa são relacionados à ecologia de rodovias, ecologia de paisagem, ecologia comportamental e divulgação científica.

Beatriz Cecato Dumalakas

Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), beatriz.dumalakas@usp.br

Graduada em Ciências Biológicas pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Atua na área de Conservação de Animais Silvestres, manejo, monitoramento, bem-estar animal, enriquecimento ambiental e divulgação científica em redes sociais. Desenvolveu trabalhos junto ao ICAS, com a monografia *Efeito das sinalizações de travessia de fauna sobre a velocidade dos motoristas: um experimento na BR-262, Mato Grosso do Sul, Brasil*.

Bibiana Terra Dasoler

Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF/UFRGS), bibianadasoler@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É mestra e doutoranda no Programa de Pós-graduação em Ecologia da mesma universidade, onde faz parte do Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF). Tem como principais interesses assuntos relacionados à ecologia de ferrovias e rodovias, como a avaliação e o planejamento de mitigação dos impactos dessas infraestruturas, e à educação ambiental.

Camilo Fragoso Giorgi

Setor de Licenciamento de Empreendimentos de Transporte Rodoviário – ILTR/CETESB, cgiorgi@sp.gov.br

Graduado em Engenharia Ambiental pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atua na área de licenciamento ambiental da CETESB / Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente desde 2007. Trabalhou como técnico no Departamento de Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental (antigo DAIA) da CETESB, acompanhando processos de licenciamento ambiental de empreendimentos como: aterro sanitário, obras hidráulicas, de energia e transportes. Desde outubro de 2011, atua como Gerente do Setor de Licenciamento de Empreendimentos de Transporte Rodoviário, e acompanha os processos de licenciamento de empreendimentos rodoviários no estado, em todas as suas fases (planejamento, implantação e operação). Alguns dos exemplos de empreendimentos: Rodoanel Mario Covas (Trechos Oeste, Sul, Leste e Norte), Implantação dos Contornos rodoviários de Caraguatatuba e São Sebastião, Duplicação da Rodovia dos Tamoios (trechos Planalto de Serra), entre outras diversas obras rodoviárias de responsabilidade de Concessionárias, DER e Prefeituras.

Clara Grilo

CESAM - Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Lisboa, Portugal; e, Setor Ecologia/Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras, Brasil, clarabentesgrilo@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas, doutorada em Biologia da Conservação pela Universidade de Lisboa e atualmente pesquisadora no Centro Estudos do Ambiente e do Mar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Há mais de 15 anos que desenvolve estudos sobre o impacto das estradas na fauna silvestre, nomeadamente na abundância relativa, comportamento, mortalidade por atropelamento e risco de extinção em aves e mamíferos. Entre 2015 e 2018 desenvolveu vários trabalhos de síntese do impacto das rodovias nas aves e mamíferos do Brasil na Universidade Federal de Lavras com uma bolsa do CNPq no âmbito do programa Atração de Jovens Talentos.

Clarissa Alves da Rosa

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), rosacla.eco@gmail.com

Graduada em Ecologia pela Universidade Católica de Pelotas (2009) e Doutora em Ecologia Aplicada pela Universidade Federal de Lavras (2016). Atualmente é pesquisadora pós-doc na Coordenação de Biodiversidade (COBIO) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Pesquisadora afiliada da região norte na Academia Brasileira de Ciências - ABC. Manejo de Fauna, Ecologia e Controle de Espécies Exóticas Invasoras, Ecologia de Estradas, Ecologia de Comunidades, Ecologia de Populações, Ecologia de Vertebrados, Interações Fauna-Flora e Citizen Science, com ênfase em ecossistemas tropicais. Membro do Grupo de Assessoramento Técnico do MMA e MAPA para o Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (*Sus scrofa*) no Brasil. Com uma experiência de mais de 15 anos em Ecologia de Transportes, foi idealizadora da Rede de Especialistas em Ecologia de Transportes e presidente no triênio 2019-2022.

Danilo Kluyber

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
dkluyber@gmail.com

Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Paulista e mestre em Doenças Tropicais e Saúde Internacional pelo Instituto de Medicina Tropical da Universidade de São Paulo. Atua nas áreas de Medicina Veterinária, Manejo de Animais Selvagens, Medicina da Conservação e Consultoria Ambiental, com experiência em epidemiologia, monitoramento e projetos de ecologia e conservação de mamíferos neotropicais. Possui pós-graduação (*lato sensu*) em Clínica Médica e Cirúrgica de Animais Selvagens pelo Instituto Qualittas. Atualmente, é pesquisador associado do Instituto de Pesquisas Ecológicas – IPÊ, Instituto de Conservação de Animais Silvestres – ICAS e do Naples Zoo at Caribbean Gardens. Veterinário do Programa de Conservação do Tatu-Canastra e do Projeto Bandeiras & Rodovias.

Débora Regina Yogui

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
yogui.debora@gmail.com

Graduada em Matemática e em Medicina Veterinária pela Universidade de São Paulo. É mestranda em Ecologia e Conservação na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Desde 2017, é integrante da equipe do Projeto Bandeiras & Rodovias, atuando principalmente em capturas e monitoramento de tamanduás-bandeira, monitoramento de rodovias e consultorias ambientais para empresas.

Erica Naomi Saito

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
ericansaito@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas e mestre em Ecologia pela Universidade Federal de Santa Catarina. É pós-graduada em Gestão, Licenciamento e Auditoria Ambiental pela Universidade Anhanguera – Uniderp. Desde 2010, trabalha com monitoramentos faunísticos e de fauna atropelada. Atuou no âmbito do licenciamento ambiental, gestão de empreendimentos de infraestrutura e avaliação/mitigação de impactos socioambientais em diversos locais na Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia, por meio de uma empresa privada. Atualmente, atua como especialista em Ecologia de Transportes no Projeto Bandeiras & Rodovias do ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres, no qual coordena políticas públicas e certificação ambiental. É atual presidente da REET Brasil – Rede Brasileira de Especialistas em Ecologia de Transportes e membro da CAIPORA – Cooperativa para Conservação e Proteção dos Recursos Naturais. É doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF/UFRGS).

Fernanda Delborgo Abra

ViaFAUNA Consultoria Ambiental, fernanda@viafauna.com

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade do Sagrado Coração, mestre e doutora em Ecologia aplicada pela ESALQ/USP. Atualmente, é pesquisadora pós-doc associada ao Centro de Conservação e Sustentabilidade do Smithsonian, em Washington DC (EUA). É sócia-diretora da ViaFAUNA desde 2014. Já coordenou mais de 40 projetos de mitigação de atropelamento de fauna em rodovias e ferrovias no Brasil. Atua em colaboração com projetos de conservação de espécies ameaçadas como a anta (INCAB/IPÊ – Iniciativa Nacional para Conservação da Anta Brasileira) e tamanduá-bandeira (Projeto Bandeiras & Rodovias) no estado do Mato Grosso do Sul. Coordena as frentes de trabalho relacionadas aos impactos de transportes lineares dos Planos de Ações Nacionais dos canídeos, grandes felinos, pequenos felinos e ungulados ameaçados de extinção do ICMBio. Foi ganhadora do Future For Nature Awards 2019 e em 2021 foi ganhadora do Prêmios McKeena Travers (Reino Unido) e do Prêmio de jovem conservacionista da Sociedade Americana de Primatologistas (Estados Unidos).

Fernanda Zimmermann Teixeira

Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF/UFRGS),
fernandazteixeira@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas, mestre e doutora em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua como pesquisadora no Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF-UFRGS) desde a sua criação em 2011 e é uma das autoras do programa Siriema, lançado no mesmo ano. Sua pesquisa foca principalmente nos impactos de infraestruturas lineares sobre a fauna, ecologia da paisagem, qualificação das avaliações de impacto ambiental e conservação da biodiversidade e na aplicação desse conhecimento no ensino e em políticas públicas.

Fernando Ascensão

Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes (cE3c) da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa,
fjascensao@edu.ulisboa.pt

Graduado em Ciências da Conservação pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, mestre e doutor em Biologia da Conservação pela mesma universidade. Sua pesquisa é focada em interações humanos-animais, principalmente a fragmentação do *habitat* e outras alterações da paisagem decorrentes da presença de rodovias, e, mais recentemente, da conversão dos *habitats* pela agricultura e outros usos da terra. Sua contribuição na ecologia de estradas inclui diferentes abordagens e técnicas para avaliar os efeitos populacionais e genéticos desses empreendimentos lineares e das estratégias utilizadas para a mitigação dos impactos.

Fernando Augusto Sliva Hardt

ETHOS Serviços Técnicos LTDA., fehardt@yahoo.com.br

Graduado em Ciências Biológicas, Doutor em Engenharia Ambiental (Universidade Ca´Foscari de Veneza - It). Desde o ano 1999 atua em licenciamentos e monitoramentos de fauna de empreendimentos portuários e costeiros, incluindo operações de dragagens, derrocagens, construção de píeres, entre outros. Atualmente executa monitoramentos ambientais de cetáceos e quelônios em terminais portuários do sul do Brasil.

Jaqueline Cristina de Bem

ProHabitat Assessoria Ambiental, jaqueline.debem@prohabitat.com.br

Graduada em Ciências Biológicas pela Fundação Hermínio Ometto (UNIARARAS). Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Doutora em Aquicultura e Recursos Pesqueiros pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com parte da tese desenvolvida no Departamento de Ecologia e Biologia da Conservação da Texas A&M University. Por 12 anos atuou em diversos projetos de pesquisa na área de biologia celular e animal e ecologia de comunidades. Iniciou sua carreira no gerenciamento de risco de fauna em 2018, como bióloga responsável pelo desenvolvimento e execução de um novo programa de gerenciamento de risco de fauna no Aeroporto Internacional de Florianópolis. Em 2020 ingressou na ProHabitat Assessoria Ambiental, onde atualmente atua como Coordenadora de Projetos. Ministrou diversas palestras e treinamentos em aeroportos e ingressou na comissão organizadora do AeroFauna em 2021.

Júlia Beduschi

Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF/UFRGS),
julia.beduschi@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Mestrado em Ecologia pela mesma universidade. Membro do Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF). Sócia da empresa PRECISA Consultoria Ambiental LTDA. Possui interesse em Ecologia aplicada estudando os impactos ambientais causados por empreendimento lineares em populações, estratégias para a mitigação dos impactos e formas de qualificar o licenciamento ambiental.

Juliana Lopes Vendrami

Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina,
juliana.lvendrami@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas e Mestra em Ecologia de Ecossistemas Aquáticos e Terrestres. Desde 2017, atua como analista portuária com foco em gestão de monitoramentos ambientais dos meios físicos e bióticos, e fiscalização das atividades voltadas ao meio ambiente.

Juliana Moreno Pina

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, jpina@sp.gov.br

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Doutora em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pelo Instituto de Botânica e Pós-graduação em Gestão Socioambiental para a Sustentabilidade pela Fundação Instituto de Administração – FIA. Desde 2007 atua na Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB com licenciamento ambiental de empreendimentos. Atualmente realiza o acompanhamento da implantação e operação de obras rodoviárias no Estado de São Paulo com foco nas questões referentes a medidas mitigadoras e compensatórias aos impactos sobre a vegetação e fauna.

Katia Maria Paschoaletto Micchi de Barros Ferraz

Laboratório de Ecologia, Manejo e Conservação de Fauna Silvestre,
Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP (LEMaC/ESALQ/USP),
katia.ferraz@usp.br

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista, mestre em Psicologia Experimental e Doutora em Ecologia pela Universidade de São Paulo. Trabalha com ecologia animal aplicada, manejo de fauna silvestre, conservação da biodiversidade e coexistência humano-fauna. Atualmente é professora associada do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). Coordena o Laboratório de Ecologia, Manejo e Conservação de Fauna Silvestre (LEMaC). Ministra disciplinas de Gestão de Impactos Ambientais, Ecologia Aplicada, e Conservação e Manejo de Fauna Silvestre. É membro do Grupo Especialista para o Planejamento da Conservação (IUCN/SSC/CPSG).

Larissa Oliveira Gonçalves

Laboratório de Ecologia, Manejo e Conservação de Fauna Silvestre (LEMaC), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), larissa.oligon@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas, mestra e doutora em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É pesquisadora do programa USP Sustentabilidade, vinculada ao Laboratório de Ecologia, Manejo e Conservação de Fauna Silvestre (LEMaC) - ESALQ/USP. É colaboradora junto ao Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias da UFRGS. Tem experiência com gestão de projetos ambientais e atua no planejamento de medidas de mitigação dos impactos de empreendimentos viários sobre a fauna e como divulgadora científica. Seus interesses de pesquisa são as áreas de ecologia e conservação da biodiversidade com foco nos impactos causados pelas infraestruturas lineares e na elaboração de protocolos metodológicos e analíticos que subsidiem políticas públicas.

Letícia Koproski

Tríade – Instituto Brasileiro para a Medicina da Conservação, leticia@triade.org.br

Graduada em Medicina Veterinária, especializada em Clínica Médica e Cirúrgica de Animais Selvagens, em Defesa Civil, e em Zoologia e Saúde Pública. Mestre e Doutora em Engenharia Florestal, com ênfase em Conservação da Natureza. Atualmente é pesquisadora colaboradora do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED/PR e associada do Instituto Brasileiro para a Medicina da Conservação - TRÍADE. Atua no campo da medicina, manejo e conservação da fauna nativa, em projetos que envolvem resgate, reabilitação e monitoramento de animais selvagens em desastres, como incêndios em ambientes naturais e incidentes de derramamento de petróleo e derivados.

Luis Augusto Akasaki

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres, comunicacao@icasconservation.org.br

Graduado em Comunicação Social com habilitação em Jornalismo pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Nascido no interior de São Paulo, é apaixonado por animais, fotografia e vídeos. Desde 2010, quando ainda era voluntário em uma iniciativa que atuava diretamente com as populações tradicionais do Pantanal, vem atuando em diversas áreas da comunicação no terceiro setor e em projetos socioambientais que tenham um propósito de transformar a vida das pessoas e de proteger a fauna silvestre.

Marcel Pieter Huijser

Western Transportation Institute da Montana State University,
mhuijser@montana.edu

Ecólogo com 30 anos de experiência. Especializado em ecologia rodoviária desde 1995, realizou pesquisas na Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia. Seu foco está nos impactos ecológicos da infraestrutura de transporte, bem como nas medidas de mitigação destinadas a reduzir esses impactos. A maior parte de sua pesquisa está relacionada à redução de colisões entre grandes mamíferos e veículos em rodovias, oferecendo oportunidades seguras de travessia para a vida selvagem e análises de custo-benefício relacionadas à implementação de medidas de mitigação. Embora seja originalmente da Holanda, ele está em Montana desde 2002, onde trabalha para o Western Transportation Institute da Montana State University. Ao longo da sua carreira já publicou dezenas de trabalhos técnicos científicos.

Mariana Labão Catapani

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
maricatapani@gmail.com

Graduada em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Senac, Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre em Ecologia pela Universidade Federal de São Carlos, Doutora em Ciência Ambiental pela Universidade de São Paulo (PROCAM-USP), com período de estudos na Universidade de Bangor (Wales, UK). Certificada pelo WildTeam (UK) em Gerenciamento de Projetos para Conservação de Vida Silvestre. Atualmente, é Conservation Fellow do Zoológico de Chester (UK) e coordena as iniciativas em Dimensões Humanas da Conservação do ICAS. É pesquisadora associada ao Conservation and Human Behaviour Research Group, da Universidade de Bangor e membro do Human-Wildlife Conflict & Coexistence Specialist Group, da IUCN. Vem se especializando no uso de abordagens das Ciências Sociais para melhorar a convivência entre pessoas e animais silvestres.

Mariane Rodrigues Biz Silva

ProHabitat Assessoria Ambiental, mariane.biz@prohabitat.com.br

Graduada em Ciências Biológicas pela UNICAMP e mestre em Ecologia pela USP, especialista em Sustentabilidade pela FIA e certificada pela Federal Aviation Administration (FAA). Começou a trabalhar na aviação em 2013. Tornou-se empreendedora em 2014, atuando principalmente com gerenciamento e manejo de fauna, conservação, licenciamento ambiental, educação ambiental, rodovias, ferrovias e aeroportos. Para contribuir com a divulgação dos temas ligados à fauna e meio ambiente, foi docente na UNIP e já ministrou mais de 60 palestras. É sócia-diretora na ProHabitat Assessoria Ambiental, organizadora do AeroFauna (encontro sobre risco de fauna no Brasil), é co-fundadora e foi integrante da Diretoria Nacional da Rede Brasileira de Especialistas em Ecologia de Transportes (REET Brasil), e foi board member na World Birdstrike Association (WBA).

Mário Alves

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
mariohalves@live.com

Graduado em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), possui residência em Medicina Zoológica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) em convênio com o Zoológico Beto Carrero. Atualmente, é mestrando em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul e pesquisador associado do ICAS. Possui interesse em medicina zoológica e ecologia de doenças.

Miriã Ribeiro Costa

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
miriaribeiro.costa@gmail.com

Graduada em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual Paulista. Técnica em Bioquímica pela Escola Técnica Estadual Conselheiro Antônio Prado (ETECAP). Atua nas áreas de Conservação de Animais Silvestres e Selvagens e em Saúde Pública. Atualmente, auxilia e realiza coordenação de trabalhos em campo do ICAS, como captura e monitoramento de tamanduás-bandeira por telemetria, coleta de amostras biológicas, monitoramento de animais mortos por colisões veiculares em rodovias e monitoramento de passagens de fauna.

Moisés Alves de Araújo Júnior

Aeroportos Brasil, moises.araujo@viracopos.com

Graduado em Engenharia Amebiental pela Faculdade Maurício de Nassau, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo SENAC e Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, atualmente é Coordenador de Meio Ambiente no Aeroporto Internacional de Viracopos – Campinas/SP, responsável pela Gestão Ambiental com foco nos gerenciamentos das curvas de ruído aeronáutico, resíduos sólidos, sistema de controle e potabilidade de água, fauna doméstica e silvestre, inventários de gases de efeito estufa, controle de pragas e vetores, licenciamento ambiental, educação ambiental, projetos de restauração vegetal, interface com órgãos ambientais e autoridades públicas.

Renata Duarte Alquezar de Oliveira

Universidade de Brasília, renatalquezar@msn.com

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Brasília, mestra e doutora em Ecologia pela mesma universidade. Atua nas áreas de ornitologia, bioacústica, ecologia comportamental e conservação da biodiversidade. Durante seu doutorado, avaliou o impacto do ruído de aeroportos na comunicação e fisiologia de aves. Posteriormente, realizou estágio pós-doutoral na Western University (Canadá), investigando isótopos estáveis em penas de aves.

Renata Ramos Mendonça

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental – CETESB,
rrmendonca@sp.gov.br

Graduada em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo e mestre em Geografia Humana pela Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Trabalhou na equipe de coordenação do Programa Estadual para Conservação da Biodiversidade em projetos de desenvolvimento de políticas públicas para conservação da biodiversidade. Trabalhou no Departamento Estadual de Proteção aos Recursos Naturais/DEPRN, atuando no licenciamento, principalmente nas questões relativas a fauna. Atualmente é assessora da Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental da Companhia Ambiental Paulista - CETESB atuando no licenciamento ambiental, em especial nas questões florestais.

Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

Transportation Research and Environmental Modeling, Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, raanobrega@ufmg.br

Graduado em Engenharia Cartográfica pela UNESP, Mestre e Doutor em Engenharia de Transportes com ênfase em Sensoriamento Remoto e SIG pela Escola Politécnica da USP e Mississippi State University. Desenvolveu Pós-Doutorado pelo Geosystems Research Institute - Mississippi State University. Pesquisa o desenvolvimento e aplicação de inteligência geográfica e planejamento de transportes. Possui experiência em ações emergenciais de resposta a desastres (Furacao Katrina - 2005 ; Britsh Petroleum Oil Spill - 2010) e em ações de apoio judicial do evento em Brumadinho pela UFMG (2021). Reside em Belo Horizonte-MG, onde atua como Professor Associado pelo Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Coordena o Transportation Research & Environmental Modeling, laboratório em que desenvolve suas pesquisas nos dois programas de pós raduação em que atua: PPG Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais no IGC/UFMG e PPG Geotecnia e Transportes da Escola de Engenharia da UFMG.

Simone Rodrigues de Freitas

Universidade Federal do ABC, simonerfreitas.ufabc@gmail.com

Graduada em Ciências Biológicas e Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, possui pós-doutorado na USP. Desde 2008, trabalha como professora na Universidade Federal do ABC (UFABC). Tem interesse em pesquisas relacionadas a ecologia de estradas, ecologia de paisagem, ecologia urbana e geoprocessamento. Atualmente oriento no curso de pós-graduação "Evolução e Diversidade" e foi vice-presidente da "Rede Brasileira de Especialistas em Ecologia de Transportes".

Tatiane Bressan Moreira

Rumo Logística, tatiane.moreira@rumolog.com

Graduada em Ciências Biológicas pelas Faculdades Integradas Espírita, e em Medicina Veterinária. É especialista lato sensu em clínica e cirurgia de animais silvestres pela Universidade Federal do Paraná, atualmente cursando especialização na área de Biodiversidade pela Pontifícia Universidade Católica e Ecologia pela Faculdade Metropolitana. Durante o período acadêmico, atuou como voluntária em centros de reabilitação de animais silvestres, zoológicos e projetos de conversação como o Projeto Arara-azul e o Projeto Bandeiras & Rodovias. Atua profissionalmente como coordenadora dos programas de proteção à fauna da Rumo Logística.

Thaís Pagotto

Gerente Técnica na ECONATUR Consultoria Ambiental e Coordenadora de Meio Ambiente da Concessionária Auto Raposo Tavares,
thaispgtt@gmail.com

Graduada em Engenharia Florestal pela UNESP de Botucatu. Tem quatorze anos de experiência em estudos ambientais e gestão de empreendimentos de transporte, sendo nove anos em consultoria ambiental atuando em processos de licenciamento de empreendimentos e análise de projetos de infraestrutura e cinco anos atuando na Concessionária Auto Raposo Tavares (CART) na gestão ambiental de rodovias. Tem pós-graduação em gestão, auditoria e perícia ambiental. É especialista em Direito Ambiental pela Universidade Metodista de Piracicaba e Mestre em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável pela ESCAS – IPÊ, atualmente é Gerente Técnica na empresa de consultoria ECONATUR, em Piracicaba, e Coordenadora de Meio Ambiente da Concessionária Auto Raposo Tavares.

Thales Andrés Carra

Setor de Aprimoramento das Práticas do Licenciamento/CETESB,
tcarra@sp.gov.br

Graduado em Engenharia Ambiental e Mestre em Geologia, ambos pela Universidade Estadual Paulista - UNESP. Iniciou sua carreira no desenvolvimento de projetos de crédito de carbono na consultoria Social Carbon. Posteriormente, trabalhou com licenciamento e gestão ambiental de aeroportos na Infraero, em Viracopos. Desde 2011, atua na CETESB com Avaliação de Impacto Ambiental, onde exerce a função de gerente do Setor de Apoio às Práticas do Licenciamento com Avaliação de Impacto Ambiental da CETESB.

Vanessa Suzana Cavaglieri Fonseca

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB,
vcavaglieri@sp.gov.br

Graduada em Engenharia Florestal pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP. Desde 2011 atua na Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB com licenciamento ambiental de empreendimentos rodoviários, principalmente nos impactos referentes ao meio biótico: fauna e flora. Realiza o acompanhamento da implantação e operação de obras rodoviárias no estado de São Paulo, com foco nas questões referentes as medidas mitigadoras aos impactos sobre a vegetação e a fauna.

Victor Gonçalves de Castro

Nobilis Fauna e ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres, biologovictorcastro@gmail.com

Graduado em Ciências Biológicas, mestre em Ecologia e Conservação, especialista em Ornitologia e Mastozoologia. Atuou em mitigação de impactos ambientais de grandes empreendimentos como hidroelétricas e ferrovias. Atualmente, é membro do ICAS, responsável pela reabilitação e soltura de tamanduás-bandeira. É presidente da Nobilis Fauna, responsável técnico pelos projetos TamanduAsas e Onças-do-Ibitipoca.

Vinicius Alberici

Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), vinialberici@gmail.com

Graduado em Ciências Biológicas, especialista em Gerenciamento Ambiental e mestre em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), é aluno de doutorado na mesma instituição. Tem interesse em Ecologia de Estradas, Modelagem Ecológica e Biologia da Conservação. No mestrado, modelou a distribuição do tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) nos biomas brasileiros, identificando áreas prioritárias para sua conservação. No doutorado, utilizou armadilhas fotográficas para avaliar os impactos das estradas nas populações de tamanduá-bandeira e de outros mamíferos de médio e grande porte no Cerrado do Mato Grosso do Sul. É pesquisador associado ao Projeto Bandeiras & Rodovias do ICAS e recebeu apoio do programa EDGE of Existence, da Zoological Society of London (ZSL), da National Geographic Society, e do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) para desenvolver seu projeto. Atualmente, é bolsista do CNPq no Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas e Xenartros Brasileiros (ICMBio/CPB).

Vinicius Travalini

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, vtravalini@sp.gov.br

Graduado em Geografia (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) campus Rio Claro/SP. Minha pesquisa para conclusão de curso buscou analisar a utilização de técnicas cartográficas no âmbito dos conflitos ambientais existentes em assentamentos rurais. Durante o mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geografia, UNESP Rio Claro/SP), trabalhei com técnicas de mapeamento para produção de um Zoneamento Geoambiental do município de Bertioga/SP. Atua, desde 2012, como Geógrafo na CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), nas áreas de Sistemas de Informação Geográfica, Avaliação de Impacto Ambiental, Planos de Manejo de Unidades de Conservação e padronização de dados geográficos. Também possuo experiência na área de Geografia Física com ênfase em Geomorfologia e Cartografia, bem como na área do ensino de Geografia.

Vivian de Siqueira Dutra

ProHabitat Assessoria Ambiental, vivian.dutra@prohabitat.com.br

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Santa Cruz/BA (UESC). Mestre em Zoologia (UESC). Doutora em Ciências Biológicas (Entomologia) e pós-doutorado no Programa de Capacitação Institucional concluídos no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Tem experiência em pesquisa científica na área de Zoologia e Genética Básica, atuando em diversos projetos que resultaram em várias publicações científicas. Também tem experiência em docência nas redes pública e privada. Em 2019 migrou para a área de gerenciamento de risco de fauna e desde 2020 atua como sócia-diretora da ProHabitat Assessoria Ambiental.

Weber Galvão Novaes

ProHabitat Assessoria Ambiental, webernovaes@prohabitat.com.br

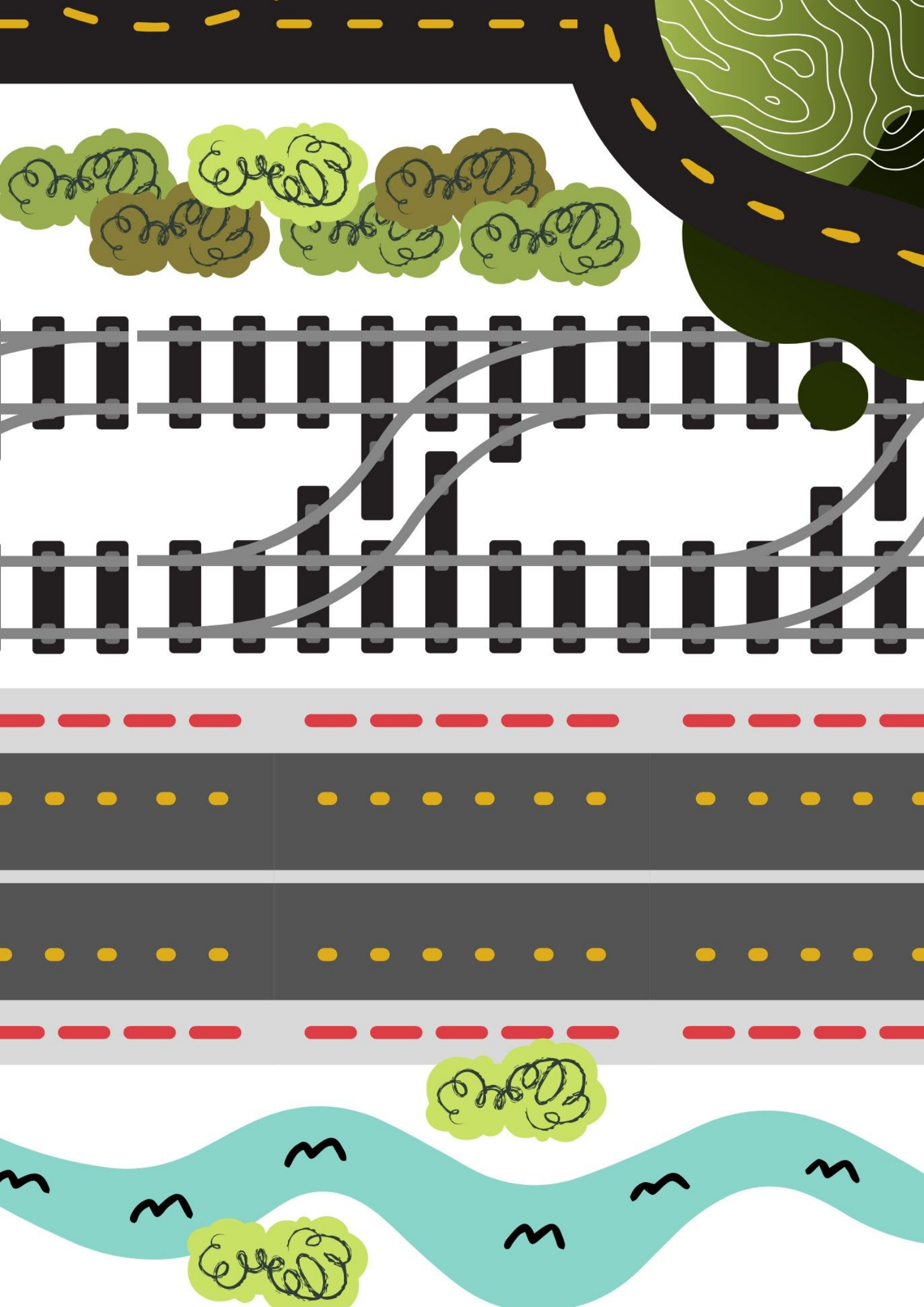
Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Santa Cruz – BA (UESC). Mestre em Zoologia (UESC). Doutor em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). É um dos pioneiros no Brasil a atuar no gerenciamento de risco de fauna em aeródromo, iniciando os estudos sobre esse tema em 2005. Em 2017 ingressou na Força Aérea Brasileira, atuando até 2020 no Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), como chefe da Assessoria de Gerenciamento de Risco de Fauna. Autor de diversos artigos científicos e publicações sobre fauna em aeródromo. Também ministrou dezenas de palestras, cursos e treinamentos sobre gerenciamento de risco de fauna. Faz parte da comissão organizadora do AeroFauna desde sua criação. Integra a Comissão Nacional de Risco de Fauna desde 2017. Em 2020 ingressou na ProHabitat Assessoria Ambiental e atualmente é sócio-diretor.

William Leles de Souza Costa

Centro de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), william@ufmg.br

Graduado em Engenharia de Agrimensura pela Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, possui especialização em Geoprocessamento pela Universidade Federal de Minas Gerais e em Engenharia de Software pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é doutorando no programa de pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais na UFMG, é assistente de pesquisa em Modelagem Ambiental e Geoprocessamento no Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais onde desenvolve atividades de modelagem da dinâmica da paisagem. Tem experiência na área de Geociências, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem de dados, modelagem ambiental, Java, dinâmica da paisagem, Amazônia, Banco de Dados e engenharia de software.

Yuri Geraldo Gomes Ribeiro

ICAS – Instituto de Conservação de Animais Silvestres,
yuri.ribeiro@icasconservation.org.br

Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade de São Paulo, com período de estudos na Universidade de Queensland, Austrália. É mestre em Recursos Florestais pela Universidade de São Paulo (ESALQ-USP). Atua como analista de dados e políticas públicas no ICAS. É membro do Conservation Planning Specialist Group, IUCN, Brasil. Tem focado na interface do uso inteligente de dados em conservação para a tomada de decisão, especialmente nos tópicos de análise espacial e integração de base de dados variadas.