

**Monitoramento dos impactos de rodovia sobre a fauna como
componente de gestão de uma área protegida nos domínios da
Mata Atlântica brasileira**

Helder Henrique de Faria

Eng. Florestal Dr., Pesquisador do Instituto de Pesquisas Ambientais/SIMA-SP
helderdefaria@gmail.com

Andréa Soares Pires

Bióloga MSc. Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Ambientais/SIMA-SP
deapires@outlook.com

Fernanda D. Abra

Bióloga, PhD. Startup ViaFauna. Pós-doutoranda Centro de Conservação Smithsonian Institution
Fernanda@viafauna.com

RESUMO

Muito embora sejam concebidas com significância econômica e social, a construção de estradas é um mecanismo de fragmentação da paisagem de elevado impacto em que os fatores ambientais implicados não são considerados na totalidade. A rodovia SP-613 segmenta a floresta e divide ao meio os 34.000ha do Parque Estadual do Morro do Diabo, sendo na hoje a maior fonte de distúrbios à vida silvestre da área protegida. Um monitoramento aleatório foi efetuado entre 1989-1999 e contabilizou 158 animais e 23 espécies silvestres mortas por atropelamento. Destes, 16% eram de espécies ameaçadas de extinção. Dados compilados entre 2002 e 2010, seguindo-se a mesma lógica metodológica anterior, contabilizou 46 animais mortos e 15 espécies, apontando as localizações geográficas dos atropelamentos. Uma nova etapa de monitoramento foi realizada, com coleta de dados sistemáticos durante dois períodos distintos: 1º período, com 197 dias de monitoramento e 56 dias de amostragens; 2º período, com 292 dias de monitoramento e 83 dias de amostragem. Foram registradas a espécie, sexo quando possível, a data, o local e as condições da carcaça de cada espécime, resultando 29 indivíduos e 16 espécies silvestres. Os três levantamentos totalizaram 233 animais registrados distribuídos em 15 ordens, 28 famílias e 33 espécies impactadas. Neste trabalho revisitamos os dados dos dois primeiros monitoramentos e apresentamos a análise deste último levantamento, as espécies mais impactadas e as taxas de mortalidade após a adoção de medidas visando diminuir a mortalidade da fauna pela rodovia.

PALAVRAS CHAVE: Unidades de conservação, rodovias, fauna, atropelamentos

INTRODUÇÃO

Pressões, ameaças e conflitos sócio-econômicos e ambientais são comuns às áreas protegidas ou unidades de conservação (APs ou UCs), desde que estas foram idealizadas e surgiram no espaço geográfico construído pelo homem (DIEGUES, 1996). Esses fatores são tão relevantes que o IV Congresso Mundial de Áreas Protegidas concluiu que para a avaliação completa da efetividade das UCs seria importante identificar os elementos que as ameaçam, tanto no interior como fora do sistema protegido, sugerindo ainda uma maneira de classificá-las (UICN, 1993). Ou seja, muito raramente gestores dessas áreas não se defrontam com pressões e ameaças no dia a dia, tendo que construir estratégias para contorná-las ou adaptá-las para que as áreas cumpram com seus objetivos.

Rodovias segmentando ou tangenciando áreas protegidas são vetores de pressão que trazem enormes transtornos para a gestão e a conservação da biodiversidade, seja pela perda e fragmentação de habitats (FAHRIG, RYTWINSKI, 2009) e os elevados índices de impacto à biodiversidade (e.g. atropelamentos; ABRA et al. 2021), por provocarem incêndios florestais (Kumar et al., 2014), poluição do ar, do solo e dos recursos hídricos (CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, VILLARREAL-RÍOS, 2017), bem como poluição sonora (RHEINDT, 2003; FREIRE et al, 2011) e visual, mudanças micro-climáticas, facilitação para dispersão de espécies exóticas invasoras, entre outros impactos.

Nas áreas protegidas alguns desses impactos são potencializados, pois quando essas infraestruturas segmentam ou tangenciam essas áreas geralmente estão sobrepostas a importantes reservas e refúgios de fauna e flora (VAN DER ZANDE et al., 1980; AMARANTHUS et al, 1985; SCHONEWALD-COX, BUECHNER, 1991; LOPES e QUEIROZ, 1994; FORMAN, DEBLINGER, 2000; CLEVENGER, WALTHO, 2000; RODRIGUES et al., 2002; LAMY et al, 2006; SEMA-MT, 2007; FARIA E PIRES, 2012).

Os atropelamentos de fauna são uma das principais causas de remoção não natural de indivíduos da fauna silvestre no Brasil, com estimativas que variam entre 14.7 (\pm 44.8) milhões (DORNAS et al., 2012) e dois milhões de mamíferos estimados atropelados todos os anos (GONZÁLEZ-SUÁREZ et al., 2018). Somente no Estado de São Paulo, a estimativa média dos

atropelamentos é de 39.600 indivíduos de mamíferos de médio e grande porte para as rodovias paulistas a cada ano (ABRA et al., 2021).

Certamente, os números de atropelamentos, vindos de monitoramentos sistemáticos ou estimativas são subestimados, uma vez que existe uma taxa de retirada de carcaças das rodovias seja por animais carniceiros (RATTON et al., 2014; SANTOS et al., 2016) ou mesmo por pessoas (MEDICI, ABRA, 2019). Diversos animais, principalmente de médio e grande porte, ao sofrerem as colisões não morrem nas faixas de rolamento ou acostamentos das rodovias, mas sim além da faixa de domínio da via (HUIJSER et al., 2006).

Recente estudo da efetividade de gestão do PE Serra do Mar, a maior área protegida de proteção integral da Mata Atlântica brasileira, evidenciou que o impacto por rodovias foi considerado o terceiro maior fator de pressão, suplantado apenas por caça e precariedade de recursos humanos, porém tão frequente e preocupante quanto a extração de produtos vegetais não madeireiros, falta ou precariedade de infraestrutura, invasão por espécies exóticas, invasões, urbanização e contaminação/poluição (FARIA et al, 2019). Pesquisa realizada nas rodovias de São Paulo demonstra a amplitude deste grave problema tanto para a conservação da fauna, como também para a segurança humana e aspectos econômicos (ABRA, 2019).

De outra parte, há alguns poucos exemplos no Brasil de rodovias no interior de unidades de conservação em que a gestão promoveu o denominado manejo adaptativo, articulando o potencial paisagístico às técnicas construtivas de estradas (RIBEIRO e LIMA, 2017) visando a mitigação de impactos e a comunicação ambiental, tornando componentes de ameaças em atrativos para a visitação e valorização dessas áreas pelo ecoturismo (DOUROJEANNI, 2003; LAMY et al, 2006; SORIANO, 2006; DUTRA et al, 2008; CONDE, 2009).

Como a Ecologia de Estradas visa estudar os efeitos que as estradas causam em populações e comunidades de plantas e animais (FORMAN et al., 2003), o monitoramento sistemático dos efeitos mais evidentes dos impactos de rodovias sobre APs são uma indiscutível ferramenta para a gestão e tomada de decisões para solução ou mitigação destes fatores de pressão.

Impossível um mundo sem caminhos, estradas e rodovias, inimaginável. Mas a construção e operação delas no interior ou próximas a ambientes naturais causa impactos negativos persistentes, hoje conhecidos pela ciência e reportados por ampla literatura específica. Dependendo das circunstâncias e condições a que estão submetidos os componentes da biota, e a frequência e a magnitude das perturbações, os impactos podem passar a irreversíveis, como o cenário delineado para a população de *Tapirus terrestris* do Parque Estadual do Morro do Diabo (MEDICI, 2010).

Não é necessário muito tempo para que resultados de pesquisas com metodologias adequadas manifestem as necessidades de intervenções (BAGER, ROSA, 2011), ainda que quase sempre demandem janelas de oportunidade advindas da vontade política. No PEMD empreendeu-se monitoramentos desde 1990 e três décadas não foram suficientes para dar completa solução ao problema (FARIA, PIRES, 2012). Caso o monitoramento realizado ao longo do tempo não informasse aos órgãos competentes, essa questão não teria assumido as proporções que conduziram ao debate e ao diálogo a comunidade e as instituições responsáveis pelo parque e pela rodovia.

Neste trabalho apresentaremos um novo olhar sobre dois monitoramentos passados (FARIA, MORENI, 2000; FARIA, PIRES, 2012) que servem de referência analítica para os dados levantados mais recentemente, medidas primordiais e imprescindíveis à gestão da área protegida e dos impactos à biodiversidade causados pelo trecho da rodovia estadual que transpõe a unidade. De ser assim, este é um artigo dedicado à gestão do PEMD e ao manejo adaptativo da rodovia SP-613 no trecho que transpõe esta unidade de conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Estadual do Morro do Diabo - PEMD está localizado entre as coordenadas geográficas 22°27' a 22°40' de Latitude S e 52°10' a 52°22' de Longitude W, no município de Teodoro Sampaio, São Paulo. Seus 33.845,33 ha guardam a maior amostra de Floresta Semi Decídua do Estado e uma exuberante biodiversidade. É gerenciado pela Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo – FF. A fauna é representada por anta (*Tapirus terrestris*), cateto (*Pecari tajacu*), bugio (*Alouatta fusca*), onça parda (*Puma concolor*), onça-pintada (*Panthera onca*) e outros felinos, mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) além de mais de 300 espécies de aves e 400 de lepidópteros (IF, 2006).

O Parque é segmentado no sentido leste à oeste pela rodovia SP-613, construída na primeira metade da década de 1970, quando estudos dos impactos ambientais causados por esses empreendimentos eram desconsiderados, senão tidos como opositores ao desenvolvimento, ainda que os efeitos gerados fossem de elevada magnitude (IF, 2006). A referida rodovia causa uma intervenção de 14 quilômetros (do Km 5,9 ao 19,9) por 50 metros com área aproximada de 70 hectares que cria uma grande barreira física à fauna, promove atropelamentos de animais, aumenta o efeito borda, facilita acesso de fogo à floresta, dentre outros danos não menos importantes.

A SP-613 é uma rodovia que se enquadra no Sistema Arterial Primário, pista única de dois sentidos de tráfego, que dá vazão à rodovia SP-563 e acesso aos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, além de atender os municípios de Teodoro Sampaio, Euclides da Cunha, Rosana, e as Usinas Hidroelétricas de Primavera e Taquaruçu. A intensidade de tráfego está abaixo de 5.500 veículos/dia, mas é muito utilizada por veículos pesados, do tipo caminhões, que a preferem pelo fato deste trecho não possuir fiscalização regular de pesagem (DER, 2008).

Na época da sua construção foram instaladas oito passagens para animais silvestres sugeridas pelo gestor do parque (GARRIDO, 1975), talvez as primeiras medidas mitigatórias do Brasil, e há alguns anos conseguiu-se que o DER implantasse quatro conjuntos de radares fotográficos nos quilômetros (Kms) 8, 13 e 18 no ano 2014, e no KM 10,3 em janeiro de 2017. Foi convencionado entre as organizações gestoras que a velocidade máxima nos domínios do PEMD é 70 km/h, trecho considerado Zona de Uso Conflitante no plano de manejo (IF, 2006).

Coleta e análise de dados

Os dados foram obtidos no trecho de 14km da SP 613 que transpõe o PEMD. A rotina da coleta de dados foi de dois dias por semana durante dois períodos amostrais: 1º período, 01/08/2015 a 15/04/2016, totalizando 197 dias de monitoramento e 56 dias de amostragem; 2º período, entre 15/08/2016 a 30/06/2017, com 292 dias de monitoramento e 83 dias de amostragem. As observações ocorreram em dias da semana alternados e em diferentes

horários, com maiores frequências das 8:00 h às 11:00 h e das 16:00 h às 18:00 h, sob sol ou chuva, em conformidade com o esforço amostral discutido por Barger e Rosa (2011). A descontinuidade dos períodos se deu à escassez de recursos e impedimentos casuais.

Esta razoável frequência de excursões se justifica para se evitar a deterioração e sumiço de carcaças, seja por animais necrófagos ou mesmo a danificação por veículos. Como não há como se guardar as carcaças, estas foram removidas à vegetação lateral da pista, impedindo-se recontagem e a possível atração de animais que poderiam vir a ser atropelados. Para cada indivíduo atropelado, foram registrados os seguintes dados: data, coordenada geográfica, nome popular do animal, nome científico, sexo e as condições das carcaças (HEGEL et al, 2012). Registrou-se as mortes de animais de pequeno porte (< 2Kg) e médio porte (2 a 10 Kg) conforme Bagatini (2006) e Santos et al. (2010), sendo que neste trabalho os animais com peso adulto maior que 10 kg foram considerados de grande porte.

As coletas do presente monitoramento foram de dois dias por semana em dias alternados e nunca subsequentes, com no máximo três dias entre dias de coleta, entendendo-se que mesmo as carcaças de pequeno e médio portes estariam disponíveis visualmente, caso não fossem levadas por carnicheiros ou desintegradas pelos veículos. Assim, a estimativa para o total anual para animais menores que dois quilos faremos seguindo Bagatini (2006); mas tendo em vista o máximo de dias que as carcaças ficaram na rodovia (3 dias), adotaremos o fator dois para animais de médio porte e fator 3 para animais maiores que 10 kg, coibindo a subestimação para o esforço da coleta de dados. A taxa de encontro de mamíferos atropelados foi calculada dividindo o número de animais encontrados no período de estudo pelo total de quilômetros amostrados (HEGEL et al, 2012; SANTOS et al, 2012).

Neste monitoramento fizemos uma varredura geral entre todas as oito passagens (Kms 7+400m, 7+800m, 8+400m, 13+700m (duplo), 14+600m, 14+700m e 15+900m) após a instalação dos alambrados condutores de fauna. Identificamos as quatro mais promissoras em termos de localização, qualidade de habitat e presença de vestígios (kms 13.7, 14.6, 14.7 e 15.9). Nestas, durante 3 meses fizemos a coleta de dados duas vezes por semana aferindo as pegadas presentes fora e dentro das passagens, o que foi facilitado pela presença de sedimentos arenosos carregados para as entradas e interiores dos túneis, que após a coleta fotográfica eram varridos. O uso de fotografias possibilitou a conformação de um bom banco de imagens para as passagens selecionadas.

RESULTADOS

Os três monitoramentos resultaram diferentes taxas de registros de animais atropelados em função do tempo e do rigor das amostragens efetuadas. Isto impossibilita comparações dos resultados, porém eles apresentaram e apresentam dados e informações valiosas para a gestão dos impactos da rodovia sobre a biodiversidade faunística do parque. No caso do primeiro e segundo monitoramentos trata-se de uma revisita aos dados para abordagens não realizadas anteriormente.

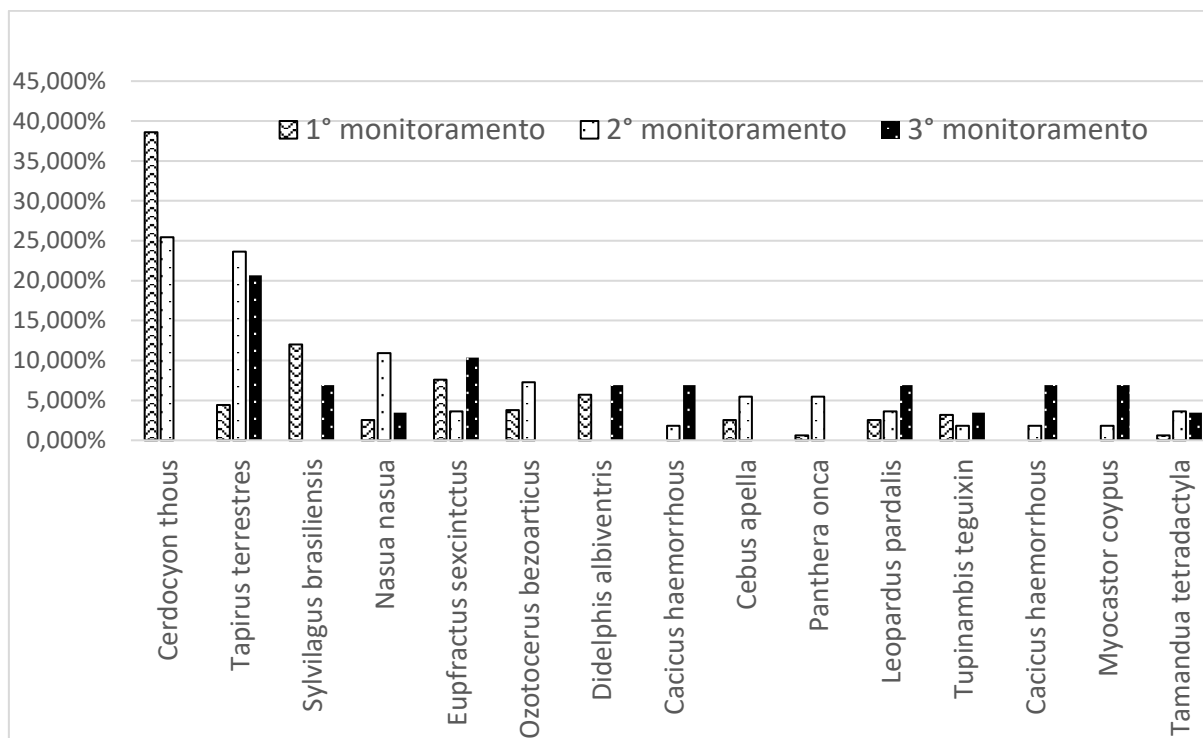
Os 233 animais registrados nos três levantamentos estão distribuídos em 15 ordens, 26 famílias e 33 espécies. Os táxons mais afetados, segundo a frequência dos atropelamentos, são apresentados na Figura 1. A lista das espécies e frequências registradas nos três monitoramentos se encontra no anexo do artigo.

1º monitoramento

A primeira coleta de dados efetuados pela gestão do PEMD foi apresentada por Faria e Moreni (2000), com uma média de 15,8 ind./ano em 10 anos de dados levantados pela equipe de guardas do parque (1990-99). Esses dados foram colecionados segundo as rotinas de fiscalização da área, as condições de gestão, do avistamento e comunicados de usuários da rodovia.

Este monitoramento permitiu subsidiar aos órgãos competentes e à sociedade sobre a tragédia de mortandade de fauna, trazendo importantes informações para a gestão da rodovia dentro do Parque: as espécies da fauna registradas no período (n=23); a quantidade de indivíduos das espécies com algum grau de ameaça de extinção, 25 indivíduos dentre 4 ou 17% de espécies ameaçadas segundo MMA (2014); a época do ano em que mais ocorriam os atropelamentos, no inverno e período de seca, concordando com Turci e Bernarde (2008), que também obtiveram diferenças entre o período seco e chuvoso.

Figura 1: Taxons mais afetados nos três períodos de monitoramento



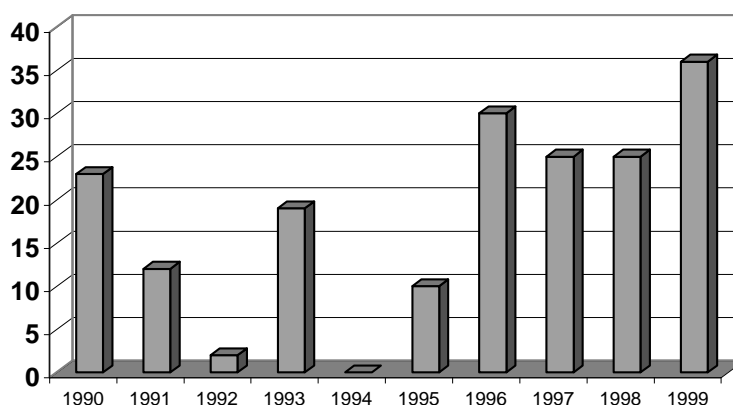
De todas as espécies listadas por Faria e Moreni (2000) chama a atenção o elevado índice de registros de *Cerdocyon thous*, 61 indivíduos em 10 anos; Faria e Pires (2012), baseados em registros de 2002-2010 contabilizam 12; e nos levantamentos mais atuais a espécie não aparece. Esta espécie habita desde áreas abertas a ambientes florestais, mas com maior predominância nos ambientes abertos (TROVATI et al, 2007), espécie que como outras (gambá *Didelphis* sp. e teiú *Tupinambis texiguim* p.e.) habitam-se à presença humana e aproveitam-se de uma estrada como fonte de alimentação, podendo apresentar superpopulação na ausência de seus predadores naturais, que se distanciam das perturbações provocadas por rodovias.

Empiricamente a oscilação negativa das mortes de *Cerdocyon* pode estar associada à melhoria da qualidade de habitat de área significativa às margens da rodovia onde mais ocorriam mortes de *Cerdocyon*. Este sítio era denominado ‘sapezal’ pelo predomínio da gramínea *Imperata brasiliensis*, porém vem se recuperando nos últimos 30 anos dos frequentes incêndios florestais que assolavam o local e a vegetação já não se assemelha à fitofisionomia savânica¹.

Este é um cenário bastante otimista, mas também há a hipótese relativa à diminuição do sucesso reprodutivo da espécie em função da diminuição da população ao longo do tempo, um cenário que se reflete na cadeia alimentar e ecológica e que no presente caso requer a testagem de hipóteses.

Um aspecto a considerar neste levantamento são os anos com mínimas e nulas quantidades de ocorrências (Figura 2), em 1992 e 1994, que podem estar associados à diminuição de recursos e das rondas de fiscalização, perdas das fichas de registro, desmotivação dos guardas-parques, prioridades da gestão ou outra variável desfavorável à coleta dos dados.

Figura 2: Frequência de animais mortos na SP-613 no interior do PEMD 1990-99.



Fonte: Faria, Moreni (2000)

Em contrapartida, o gráfico também apresenta um aumento considerável na quantidade de registros nos últimos períodos daquela amostragem, que Faria e Moreni (2000) explicam inferindo sobre as melhorias tecnológicas dos veículos, mais velozes e silenciosos, a criação de novos municípios e da implantação de assentamentos humanos da reforma agrária na região, aspectos que incidiram sobre o aumento do tráfego na rodovia. Este acréscimo de registros também pode estar associado à motivação estimulada por gestores ou por pesquisadores na área naquele momento.

¹ Em 2011 o Pesquisador Ademar Faria Coimbra-Filho (1924-2016), considerado o Pai da Primatologia brasileira e que redescobriu o mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) nas matas do PEMD em 1970, visitou o parque e constatou (maravilhado) a alteração positiva do estágio sucessional da vegetação do parque, em especial naquelas localizadas nas bordas da rodovia, entre os Kms 6 e 8, sítio antigamente designado por *Sapezal* pelos funcionários da UC.

Estas questões conduzem à intuição de que a quantidade média de animais atropelados naquele período tenha sido muito maior do que 15,8 ind./ano, alcançando a cifra, ou mais, da estimativa realizada por Barrela (2002)², de quase 1000 indivíduos em 10 anos. Isto representa uma retirada de presas e predadores extremamente significativa para uma área protegida em formato de ilha, à época com poucas conectividades ecológicas (CHAZDON et al, 2002).

2º Monitoramento

A segunda fonte de dados ocorreu entre os anos 2002 e 2010, coletados da mesma forma que os primeiros, ficando patente os vazios temporais, como por exemplo a ausência de dados do ano 2003. Os animais silvestres vertebrados atropelados passaram a ser registrados e localizados na forma de Boletins de Ocorrência, enquadrados na Lei de Crimes Ambientais, 9.605/1998, junto à Delegacia de Polícia Civil da localidade (FARIA, PIRES, 2012); a partir de 2005 as ocorrências passaram a ser georreferenciadas e inseridas em um banco de dados digital.

Neste período foram contabilizados 46 animais e 15 spp; desses as maiores vítimas foram cachorros-do-mato (*Cerdocyon thous* (n=14)), antas *Tapirus terrestris* (n=13), quatis *Nasua nasua* (6), veados *Ozotocerus bezoarticus* (4), onças pintadas *panthera onca* (3) e jaguatiricas *Felis pardalis* (2), com uma taxa de mortalidade de 7 indivíduos/ano. Fato inusitado foi o registro de um espécime de *Myocastor coypus*, considerado espécie exótica invasora, nunca observado e ausente da lista dos mamíferos no plano de manejo, concluído em 2005 (IF, 2006).

Esta fase de monitoramento apontou os segmentos da pista em que ocorriam as maiores frequências de atropelamentos (Figura 3), o que permitiu aos órgãos gestores do parque e da rodovia definirem os locais para a instalação de quatro conjuntos de radares fotográficos, pleiteados em ação civil pública, e a instalação de alambrados para conduzir a fauna às passagens inferiores.

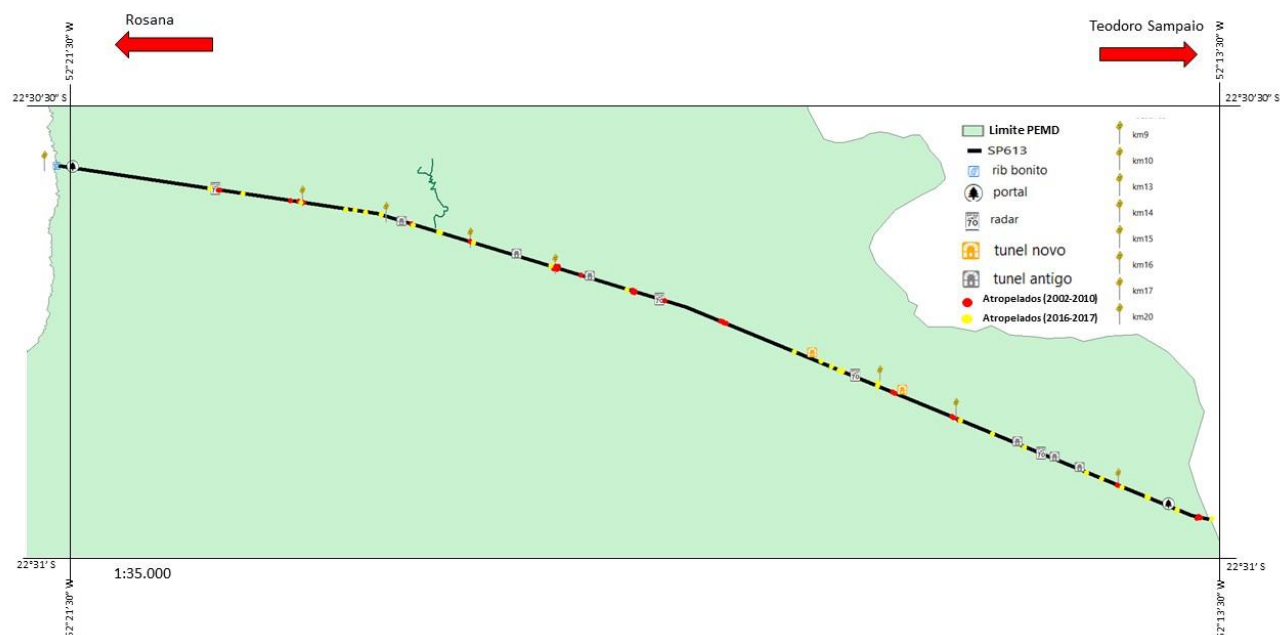
3º monitoramento

Este levantamento abarcou um período total de 489 dias, com 139 dias de coleta divididos em dois períodos. Esses levantamentos foram feitos quando os alambrados condutores de fauna já tinham sido instalados nas laterais das oito passagens originais e os quatro conjuntos de radares já se encontravam em operação.

Foram registrados 29 indivíduos e 16 espécies, com uma elevada predominância de antas *Tapirus terrestris* entre os mamíferos; das seis contabilizadas duas amamentavam e certamente os filhotes também morreram no interior da floresta. Faz-se um destaque para os dois espécimes de Ratão do Banhado (*Myocastor coypus*), cujos registros apontam para seu estabelecimento no PEMD, pois a espécie habita de São Paulo ao sul do país e geralmente está associada a recursos hídricos, porém nas três vezes coletadas na rodovia se encontrava em zonas florestais secas.

² Walter Barrela. Estimativa de atropelamentos e mortes de animais silvestres no Morro do Diabo. Com. Pessoal. Citado por Faria e Pires (2012)

Figura 3: Croqui com túneis, radares e locais de atropelamentos nos 2º e 3º monitoramento



Seguindo o estabelecido na metodologia, estimamos o total anual de animais atropelados segundo os dados do quadro a seguir.

Quadro 1: Dados das coletas realizadas em 2016-17 no PEMD

1º período	2º Período
197 dias de monitoramento	292 dias de monitoramento
56 dias de coleta	83 dias de coleta
489 dias de monitoramento	
139 dias de coleta	
Total de Km amostrados – 14 x 139 = 1946km	
29 indivíduos mortos	
16 espécies	
Mamíferos – 22 (incluindo 6 antas, sendo 2 lactantes)	
Répteis – 2	
Aves – 5	

Para animais menores que 2 Kg a estimativa foi de 31 atropelamentos; para animais entre 2-10 kg quatorze e para os acima de 10 kg sete, totalizando a possibilidade de 52 espécimes/ano, com a prevalência de 60% de animais de pequeno porte, concordando com Santos et al (2012); entre os mamíferos, uma considerável perda de *Tapirus terrestris*, 36% considerando-se os filhotes das duas fêmeas lactantes.

Para os animais de grande porte a estimativa de mortes assemelha-se à realidade observada, afirmação respaldada pela frequência das coletas e o tamanho dos animais, porém para os animais de pequeno e médio porte a estimativa pode estar muito subestimada pelas razões dadas por Rodrigues et al. (2002) e Milli e Passamani (2006), dentre outros.

Distintamente, dois dos atropelamentos de antas ocorreram muito próximos de um dos conjuntos de radares (Km 10) e, no ano 2018, novo atropelamento ocorreu no mesmo local,

o que sugere um comportamento esperado dos usuários, que desaceleram ao se aproximarem dos radares e aceleram ao ultrapassá-los.

A situação de *Tapirus terrestris* é preocupante, haja vista terem sido mortos 6 indivíduos no tempo considerado, uma das cifras que Medici (2010) utilizou ao realizar análise de cenários e lançar seu realístico vaticínio. Considerando uma população de 126 indivíduos no PEMD, uma média de seis indivíduos mortos por ano e uma taxa de natalidade em torno de 1,63 animais/ano, a pesquisadora concluiu que este nível de atropelamentos levaria a população de antas à extinção local em 38 anos, cenário cruel para a dinâmica florestal, dada a reconhecida função ecológica da espécie nestes ecossistemas.

Considerando-se os 22 espécimes de mamíferos a taxa de mortalidade foi de 22/1946, ou 0,0113 ind./km. Esta taxa guarda estreita relação com a técnica de coleta/observação (veículo a 50-70km/h) e o esforço amostral (BARGER, ROSA, 2011), não sendo necessário intuição aguçada para somar as consequências de dirigir e ao mesmo tempo observar a estrada e suas laterais, mesmo que a baixa velocidade numa via reta e suave. Ainda que a taxa de mortalidade dos mamíferos aparente ser baixa, é recomendável comparar este dado às dimensões das populações que as espécies possuem no PEMD e suas consequências, como fez Medici (2010). Por outro lado, o maior significado deste dado de mortalidade para a gestão e a conservação da biodiversidade faunística do Parque é a constatação de que a cada 6 veículos que passam pela rodovia existe a chance (grande) de um animal vir a ser atropelado e morrer.

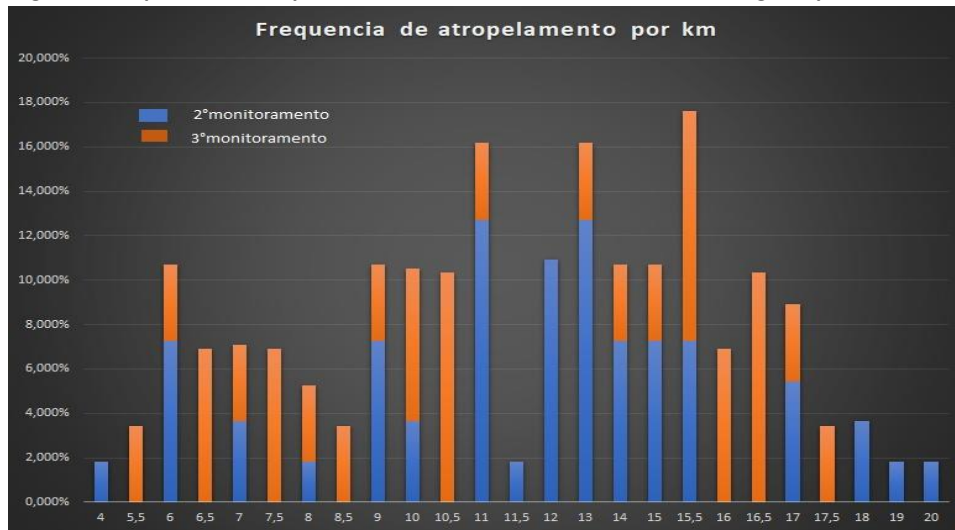
Notadamente ocorreu a diminuição dos atropelamentos de animais nas proximidades dos 4 conjuntos de radares instalados, mas não a nulidade em face de casos específicos que demonstram as atitudes dos usuários, de acelerarem após passarem pelos radares. Também ocorreu uma concentração de atropelamentos nos quilômetros 10, 15 a 16,5 da rodovia (Figura 4), trechos distintos dos dados compilados de 2002 a 2010 que subsidiaram a definição dos locais para a instalação dos radares fotográficos (FARIA, PIRES, 2012), o que revela a ‘migração’ no padrão espacial dos atropelamentos. Isto pode ter ocorrido em face dos radares e cercas de alambrados que conduziram a fauna para os sítios contíguos a essas instalações. Por sua vez, os declives presentes no interior do parque favorecem o aumento das velocidades e elevam o risco de atropelamentos, o que sugere a necessidade de se encontrar uma solução que atenda ao fluxo do tráfego e previna essas fatalidades.

Dentre as oito passagens de fauna instaladas na época da construção da rodovia, uma possui 80 centímetros de diâmetro, duas são de 1,45m de diâmetro e as demais são retangulares de 1,5m de largura por 1,7m de altura, a maioria em pontos de drenagem natural do terreno que dão vazão ao fluxo de águas pluviais. Observou-se que poucas espécies utilizam de fato esses túneis para as travessias, maiormente animais de pequeno e médio porte como ratos, pequenos gatos, cotias, marsupiais, tatus, tamanduás e lagartos³.

Nas entradas dos túneis foram identificadas pegadas de cachorro do mato, mão-pelada ou guaxinim, antas, veado, pequenas aves e, provavelmente, jaguatiricas; mesmo havendo um pisoteio intenso das entradas, falta correspondência com o interior das passagens, comportamento relatado por Olmos (1996).

³ Identificação por pessoal com muita experiência mateira

Figura 4: Frequência de atropelamentos do 2º e 3º monitoramentos ao longo da pista no PEMD



Uma das passagens atraiu animais de grande porte, *Tapirus*, em função da formação de pequenas bacias pluviais, uma latente ameaça de atropelamentos já que não foram encontradas evidências de que esses animais atravessassem o dispositivo (Figura 5), provavelmente por causa das dimensões do túnel, como sugerem Clevenger e Waltho (2000) sobre a preferência de ungulados por túneis maiores, com altura de 2,4 metros e largura de 7 metros.

Figura 5: Passagens de fauna com 1,45m de diâmetro sob a SP-613 no interior do PEMD, com formação de bacias de águas pluviais atrativas à fauna.



Fonte: Autores

Estes dispositivos podem não possuir a eficácia desejada, principalmente para a megafauna presente no parque, mas recentemente mais três passagens subterrâneas foram instaladas através da técnica não destrutiva “*tunnel liner*”⁴, com diâmetro de 1,90m (Kms 9+700m, 10+800m e 13+200m), todos com alambrados estendidos cem metros para as laterais

⁴Três passagens subterrâneas a um custo de R\$1.344.730,29, investimento realizado pelo DER em 2020.

dos dispositivos, cujas localizações coincidem com trechos de maiores frequências de atropelamentos em conformidade com os dados dos 2º e 3º monitoramentos.

A instalação das cercas de alambrados para condução da fauna para as passagens subterrâneas foi uma das medidas sugeridas pela literatura científica (CLEVINGER, WALTHO, 2000; FARIA, MORENI, 2000; VAN DER ZANDE et al, 2009; NAUDERER, 2014; FIGUEIRÓ, 2017) implementadas no PEMD, para as quais vários autores concordam serem medidas complementares para diminuir os atropelamentos de fauna em rodovias. Contudo, no PEMD estes dispositivos podem estar aumentando os efeitos da fragmentação de habitats, haja vista ser mais uma barreira para a conservação genética das espécies, aspecto que se soma a relatos de trabalhadores noturnos⁵ que avistaram espécime de *Tapirus* 'preso' na pista de rolagem entre uma dessas instalações. A tensão ecológica para as espécies arborícolas é minimizada com a instalação de dispositivos aéreos que implicam estruturas de dimensões consideráveis (SECCO et al, 2014).

Além das estruturas já instaladas, merece atenção o resgate e a implantação de apropriada comunicação/educação ambiental com os usuários, no contexto do conceito de estrada-parque (DOUROJEANNI, 2003; SORIANO, 2006). Seja através de um conjunto de placas rodoviárias adaptadas ao contexto, como de fato já ocorrera; seja por meio de campanhas ecológicas que envolvam os segmentos sociais interessados nesta questão: DER, Polícias Rodoviária e Ambiental, Fundação Florestal, gestão local, Ongs, conselho gestor e comunidade (PIRES, FARIA, 2015). Vários trechos de rodovias nacionais que segmentam unidades de conservação são exemplos das oportunidades para a comunicação ambiental com a sociedade, como as Reservas Biológicas de Sooretama e União, nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro respectivamente, e a rodovia SP-139 no Parque Estadual de Carlos Botelho em São Paulo⁶, dentre outras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como afirmamos na inicial, este é um artigo voltado à gestão de uma unidade de conservação e a rodovia que o segmenta, em que a informação mais relevante é a persistência dos impactos da rodovia sobre a fauna protegida na área. Apesar dos dois primeiros levantamentos não terem seguido um protocolo científico rígido, geraram informações válidas para a gestão resultando na instalação de radares fotográficos e passagens subterrâneas, fazendo com que este fator de ameaça entrasse na agenda das organizações gestoras, do parque e da rodovia.

A adoção de protocolo técnico no terceiro levantamento rendeu a produção de dados mais robustos e o vislumbre de novos tratamentos de dados, detectou a sensibilidade de algumas espécies em relação aos atropelamentos, principalmente *Tapirus terrestres*, e evidenciou algumas conclusões.

⁵Leonardo Aguillar. Comunicação pessoal. Testemunho de operadores de máquinas agrícolas que trabalham no período noturno nas plantações de cana-de-açúcar no entorno do PEMD ao cruzarem o trecho estudado. Outubro de 2020.

⁶Nestes trechos os painéis e placas informativas/educativas seguem padrões distintos das normas aplicadas às rodovias pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes-DENIT, porém parecem ser aceitas por este órgão regulador (observação dos autores).

A instalação dos radares fotográficos causou um efeito positivo sobre os usuários da rodovia e a frequência de atropelamentos amainaram nas proximidades dos locais onde foram instalados, mas ao longo de todo o trecho não diminuíram significativamente, cujo índice de mortandade está elevado para uma unidade de conservação de proteção integral na qual o principal objetivo é a conservação da biodiversidade, sendo inaceitável a normalização dessa condição.

As passagens subterrâneas, incluindo as novas, precisam ser monitoradas com métodos mais eficazes do que a observação de vestígios, sendo recomendável a utilização de armadilhas fotográficas (câmeras *trapa*) para comprovação da sua efetividade no trecho em apreço, pois como mostra a literatura, provavelmente sua pouca eficácia resida nas dimensões dessas passagens. Para as espécies arborícolas é relevante observar os locais de ocorrência de grupos de primatas nas proximidades da rodovia visando localizar pontos de contato potenciais para o plantio de árvores e implantação de ‘corredores aéreos’ visando a transposição dos 50 metros livres que compõem o conjunto ‘estrada-acostamento-aceiros’.

A persistência dos atropelamentos após as novas instalações, conjuntos de radares e alambrados nas laterais das passagens subterrâneas, é um indicativo de que novas alternativas precisam ser consideradas na gestão adaptativa da rodovia. A redução das velocidades dos veículos é considerada pelos autores a melhor solução, o que se pode obter mediante implantação e operação de sistemas inteligentes de transportes, ou simplesmente ‘radares inteligentes’, que utilizam a tecnologia OCR (Optical Character Recognition).

Este é um sistema de alta tecnologia que reúne recursos de hardware, software e telecomunicações que conseguem extrair e transmitir dados da velocidade média de veículos entre dois pontos, efetuando o registro caso ele esteja acima do limite estabelecido (Bernardi, 2014). Ainda que já esteja disponível no Brasil, aguarda regulações do DENIT para seu uso nas estradas brasileiras.

A adoção deste sistema eliminará a necessidade de cercas de alambrado, dispositivos usuais em rodovias, mas que se constitui mais um componente antrópico na paisagem, aumenta os efeitos da fragmentação de habitats e antagoniza com a conservação da biodiversidade por ser mais uma barreira ao fluxo gênico. Um argumento que corrobora esta sugestão é a retirada/desativação dos quatro radares referenciados neste artigo nos primeiros meses de 2021, por motivos desconhecidos, mas provavelmente por interrupção ou vencimento de contrato, aspecto que certamente colabora para o aumento das velocidades médias dos veículos e, conseqüentemente, dos atropelamentos⁷.

A redução das velocidades também pode ser alcançada mediante intervenções diferenciadas, como no caso específico das proximidades do Monumento Geológico Morro do Diabo, onde os declives na pista favorecem o aumento das velocidades e a ocorrência de atropelamentos nos dois sentidos da via. Há anos o DER implantou no local um estacionamento rústico para os visitantes da Trilha do Morro, o principal atrativo do Parque, instalação e local singular que acompanhados por algum tipo de rotatória no leito pavimentado será conveniente aos usuários da rodovia, da trilha e à conservação.

Estudos ecológicos sobre os efeitos da defaunação do Parque em decorrência da rodovia sobre espécies específicas, como o *Cerdocyon thous* e *Tapirus terrestres*, que

⁷ Apenas no mês de setembro de 2021 dois espécimes de *Tapirus* foram mortos atropelados.

apresentaram elevadas frequências de atropelamentos, devem ser incentivados e apoiados visando estabelecer respostas sobre a qualidade da conservação dessas e outras espécies, suas influências nas respectivas populações e na qualidade do habitat protegido.

Como demonstrado, a gestão local já possuiu um sistema próprio de monitoramento dos impactos da rodovia sobre a fauna, e deixou de tê-lo sem justificativas plausíveis, a não ser o perfil e o interesse dos gestores mais atuais. A implantação e manutenção de um sistema simples, mas efetivo, de monitoramento é plenamente factível, mesmo com recursos humanos e materiais escassos.

Considerando que a participação social na gestão ambiental no Brasil tem se incrementado gradualmente, considera-se muito oportuno e viável a gestão local fortalecer o Conselho Gestor para, a partir desta instância, ampliar formas colaborativas de monitoramento com usuários da rodovia envolvendo vizinhos, trabalhadores de empresas agrícolas atuantes na região e cidadãos do município.

A comunicação ambiental por meio de placas rodoviárias com mensagens relativas ao ecossistema do PEMD precisa ser resgatada, tal como feito no passado quando a gestão da área aproveitou a expertise local, propôs e implantou um conjunto de 20 placas educativas/informativas em formato descontraído e alegre. A efetivação do conceito de estradas-parque no PEMD depende das organizações gestoras, Fundação Florestal e DER, dialogarem tendo em vista o planejamento da rodovia no contexto do ecossistema e da paisagem segmentada e os impactos que a rodovia causa sobre a biodiversidade da área, valendo este princípio para todas as intervenções destinadas ao trecho, com a devida participação do Conselho Gestor e outras partes interessadas na gestão eficaz do Parque.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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*, 7(1), e06015. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021001201](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.06015) 2021.
- ABRA, Fernanda Delborgo. Mammal-vehicle collisions on tolls roads in São Paulo states: implications for wildlife, human safety and costs for society. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Piracicaba, SP. 256p. 2019.
- AMARANTHUS, M. P.; RICE, M. R.; BARR, N. R.; e ZIEMER, R. R. Logging and forest roads related to increased debris slides in **Southwestern Oregon**. *J. For.* p.229-233. 1985.
- BAGATINI, T. Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do entorno da Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF, Brasil, e eficácia de medidas mitigadoras. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade de Brasília – DF. Brasil. 2006.
- BAGER, A.; ROSA, C.A. da. Influence of Sampling Effort on the Estimated Richness of Road-Killed Vertebrate. **Wildlife Environmental Management**. 47:851–858. 2011.
- BERNARDI, Ely. Os sistemas de identificação veicular, em especial o reconhecimento automático de placas. **Dissertação de Mestrado**. Engenharia de transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 136p. 2014.
- BRASIL. *Lei Federal nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Diário Oficial da União*, P 1-6, 19 de jul. de 2000. Seção I. Regulamenta o artigo 225, 1º - incisos I, II, III e IV da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. 2000.
- CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, Lilian; VILLARREAL-RÍOS, Rodolfo. Living close to heavy traffic roads, air pollution and dementia. *The Lancet*. 389(675-677). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)32596-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32596-X) 2017.
- CHAZDON, R. L.; CULLEN Jr., L.; PADUA, S. M.; PADUA, C. V. People, primates and predators in the Pontal: from endangered species conservation to forest and landscape restoration in Brazil's Atlantic Forest. **Royal Society Open Science**. 7: 200939. <https://doi.org/10.1098/rsos.200939> 2020.

- CLEVENGER, A. P. e WALTHO, N. Factor influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. **Conservation Biology**. 14(1): 47-56. 2000.
- CONDE, C. A. dos R. (2009). Estrada Parque, uma estratégia sustentável. **Pós**. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, (25), 151-165. <http://www.periodicos.usp.br/posfau/article/view/43613>
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Estudo ambiental para solicitação de licença de operação regularizadora. Rodovia Arlindo Bétio (SP 613), Km 0+000 ao Km 93+800. Teodoro Sampaio / Euclides da Cunha Paulista / Rosana**. DER/Assessoria Ambiental. São Paulo, SP. 66 p. 2008.
- DOUROJEANNI, M. J. Estradas-parque, uma oportunidade pouco explorada para o turismo no Brasil. **Natureza e Conservação**. 2003. 1(1): 74-77. 2003.
- DORNAS, R. A. P. et al. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In BAGER, A. (Ed). **Ecologia de estradas: Tendências e pesquisas**. UFLA. Lavras, MG. P. 139-152. 2012.
- DUTRA, V.; COLARES, A.; ADORNO, L. F. M.; MAGALHÃES, K.; GOMES, K. Proposta de estradas-parque como unidade de conservação: dilemas e diálogos entre o Jalapão e a Chapada dos Veadeiros. **Sociedade & Natureza**. Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Soc. e Nat. (Online) vol.20 no.1.https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132008000100011&lng=pt&tlng=pt 2008.
- FARIA, H. H. de; LEITE, S. A.; GALLO, H.; IEMBRO, J.; CASTRO, J. F. de; FEIJÓ, L. F.; PISCIOTTA, K. Avaliação da efetividade de gestão e do plano de manejo do Parque Estadual da Serra do Mar. **Relatório**. Projeto Conexões Parques: Caminhos e descaminhos, no que acertamos e erramos na gestão desses espaços especiais? Processo SMA 260108 – 000.768/2018. Instituto Florestal/Fundação Florestal. Agosto/2019. 168p. 2019.
- FARIA, H.H. e MORENI, P.D.C. 2000. Estradas em unidades de conservação: impactos e gestão no Parque Estadual do Morro do Diabo, Teodoro Sampaio, SP. **Anais**. In II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Campo Grande, MS. 05 a 09 de novembro de 2000. p. 761-769. 2000.
- FIGUEIRÓ, João Paulo de Souza. Histórico sobre atropelamentos de fauna em autoestradas no Sul do Brasil: Mortalidade e Legislação. **Monografia**. Depto. Zoologia, Ciências Biológicas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 70p. 2017.
- FORMAN, R.T.T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J.A.; CLEVENGER, A.P.; CUTSHALL, C.D.; DALE, V.H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C.R.; HEANUE, K.; JONES, J.A.; SWANSON, F.J.; TURRENTINE, T. & WINTER, T.C.. **Road ecology: science and solutions**. Island Press, Washington. 2003
- FORMAN, T. T. R. & DEBLINGER, D. R. The Ecological Road-Effect Zone of a Massachusetts (U.S.A.) Suburban highway. In **Conservation Biology**. 14(1): 36-46. 2000.
- FORMAN, T. T. R. Estimate of the Area Effected Ecologically by the Road System in the United States. In **Conservation Biology**. (1) 14: 31-35. 2000.
- FREIRE, R. B.; MELLO, V. de M.; ARAÚJO, R. R.; GONÇALVES, S. R. A.. Impactos ambientais causados pela rodovia Arlindo Bettio (SP 613) no Parque Estadual do Morro do Diabo – SP. **TÓPOS**. V. 5, N° 2, p. 89 - 101, <https://revista.fct.unesp.br/index.php/topos/article/view/2286/2091> 2011.
- GARRIDO, M.A. de O. Estrada de Parque Nacional. Instituto Florestal de São Paulo, IF. **Relatório de viagem técnica ao Japão**. 6p. 1975.
- GONZÁLEZ-SUÁREZ, M.; FERREIRA, F. Z.; GRILO, C. Spatial and species-level predictions of road mortality risk using trait data. **Global Ecology and Biogeography**. <https://doi.org/10.1111/geb.12769> 2018.
- HEGEL, C. G. Z.; CONSALTER, G. C.; ZANELLA, N. Mamíferos silvestres atropelados na rodovia RS-135, norte do Estado do Rio Grande do Sul. **Biotemas**, 25 (2), 165-170, junho de 2012. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2012v25n2p165> 2012.
- HUIJSER, M.P., GUNSON, K. E., ABRAMS, C. Animal-vehicle collisions and habitat connectivity along Montana Highway 83 in the Seeley-Swan Valley, Montana: A reconnaissance. Report No. FHWA/MT-06-002/8177. **Western Transportation Institute** – Montana State University, Bozeman, MT, USA. 2006.
- INSTITUTO FLORESTAL. 2006. **Parque Estadual do Morro do Diabo – Plano de Manejo**. Coord. Editorial Helder Henrique de Faria e Andréa Soares Pires. Vários autores. Instituto Florestal. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Editora Viena. Santa Cruz do Rio Pardo, SP. 311 p. 2006.
- KUMAR, S. S., ROY, D. P., COCHRANE, M. A., SOUZA, C. M., BARBER, C. P.; BOSCHETTI, L. A quantitative study of the proximity of satellite detected active fires to roads and rivers in the Brazilian tropical moist forest biome. **International Journal of wildland fire**, 23(4), 532-543. 2014.
- LAMY, A. C. M.; LEUZINGER, M. D.; PINTO, M. O. Rodovia em Unidade de Conservação: o Caso da Estrada Parque dos Pireneus (GO). **III Encontro da ANPPAS**. 23 a 26 de maio de 2006. Brasília-DF. www.anppas.org.br/encontro.../TP452-03032006-124319.DOC. Acessado em maio de 2020. 2006.
- FAHRIG, L. and RYTWINSKI, T. Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. **Ecology and Society**, Jun 2009, Vol. 14, No. 1. 2009.
- LOPES, J.A.U. e QUEIROZ, S.M.P. Rodovias e Meio Ambiente no Brasil: uma resenha crítica. **Anais do Encontro Nacional sobre recuperação de Áreas degradadas**. Curitiba, PR. p.75-84. 1994.

- 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, pp 152-160. 2019.
- MEDICI, Emília Patrícia. Assessing the Viability of Lowland Tapir Populations in a Fragmented Landscape. **Thesis** submitted for the degree of Doctor of Philosophy in Biodiversity Management Durrell Institute of Conservation and Ecology (DICE). University of Kent. Canterbury, United Kingdom. January 2010.
- MILLI, M. e PASSAMANI, M. Impacto da Rodovia Josil Espíndula Agostini (ES-259) sobre a mortalidade de animais silvestres (Vertebrata) por atropelamento. **Natureza on line** 4(2): 40-46. <http://www.naturezaonline.com.br> 2006.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. Portaria MMA nº 444. **Diário Oficial da União** nº 245. Página 121. 2014.
- NAUDERER, Rosane. Avaliação do telamento das margens da rodovia, como medida para redução de atropelamentos de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) na Estação Ecológica do Taim-RS. Instituto de Oceanografia. Programa de Pós-Graduação em gerenciamento costeiro. Universidade Federal do Rio Grande. **Mestrado**. Rio Grande, RS. 57p. 2014.
- OLMOS, F. **Impacto sobre a fauna: Ampliação da capacidade rodoviária entre São Paulo e Florianópolis (BR 116/SP/PR) - Transposição da Serra do Cafezal** – DNER/IME. São Paulo, Instituto Florestal. 1996.
- RATTON, P., SECCO, H.; DA ROSA, C. A. Carcass permanency time and its implications to the roadkill data. **European journal of wildlife research**, 60(3), 543-546. 2014.
- RHEINDT, F.E. The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? **Journal Ornithology** 144, 295–306 <https://doi.org/10.1007/BF02465629>. 2003.
- RIBEIRO, D. R.; LIMA, J. S. P. de. Estradas parque do ponto de vista da infraestrutura de transportes. **Periódico Técnico Científico Cidades Verdes**. UNESP, Brasil. V. 5, Nº 12. http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/cidades_verdes/article/view/1679 2017.
- RODRIGUES, F. H. G.; HASS, A.; REZENDE, L. M.; PEREIRA, C. S.; FIGUEIREDO, C. F.; LEITE, B. F.; FRANÇA, F. G. R. Impacto de rodovias sobre a fauna da Estação Ecológica de Água Emendadas, DF. **Anais do III Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**, Fortaleza, Brasil. p.585-593. 2002.
- ROSA, C. A. da; BAGER, A. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. Universidade Federal de Lavras, Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. **Oecologia Australis** 17(1): 6-19, <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.02>. 2013.
- SANTOS, A. L. P. G. dos; ROSA, C. A. da; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**, 25-1 (73-79). 2012.
- SANTOS, R. A. L., SANTOS, S. M., SANTOS-REIS, M., DE FIGUEIREDO, A. P., BAGER, A., AGUIAR, L. M.; ASCENSAO, F. Carcass persistence and detectability: reducing the uncertainty surrounding wildlife-vehicle collision surveys. **PLoS one**, 11(11), e0165608. 201).
- SCHONEWALD-COX, C. e BUECHNER, M. Park protection and public roads. In **Conservation Biology**. Ed. Fielder, P.L. e Jain, S.K. p.375-395. 1991.
- SCOSS, L. M. Impacto de estradas sobre mamíferos terrestres: O caso do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal de Viçosa. 97 p. 2002.
- SECCO, H.; MELO, F. R. de; TALEBI, M.; GORDO, M.; MORAIS Jr; BAGER, A. Diagnóstico dos impactos de rodovias sobre primatas no Brasil. **Anais Road Ecology Brasil**. P. 181-196. www.researchgate.net/profile/Helio-Secco/publication/330292109_Diagnostico_dos_impactos_de_rodovias_sobre_primatas_no_Brasil/links/5c3781cc458515a4c71b73b5/Diagnostico-dos-impactos-de-rodovias-sobre-primatas-no-Brasil.pdf. Acessado em 04/05/2021. 2014.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO. **Plano de Manejo da Estrada Parque Santo Antônio de Leverger–Porto de Fora– Barão de Melgaço (Rodovia MT – 040/361)**. Vários autores. 132 p. 2007.
- SORIANO, Afranio José Soares. Estrada-parque: proposta para uma definição. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, SP. 193p. 2006.
- TROMBULAK, C. S. e FRISSEL, A. C. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. In **Conservation Biology**. 14(1): 18-30. 2000.
- TROVATI, R.G.; BRITO, B. A. de, DUARTE, J.M.B. Área de uso e utilização de habitat de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous* Linnaeus, 1766) no cerrado da região central do Tocantins, Brasil. **Mastozoología Neotropical**. Mendoza, Argentina. 14(1):61-68. 2007.
- VAN DER ZANDE, R.; HEINZE, D.; MCCARTHY, M.; MANSERGH, I. Wildlife Tunnel Enhances Population Viability. **Ecology and Society** 14:7. 2009.
- VAN DER ZANDE, A.N.; TER KEURS, W.J. e VAN DER WEIDEN, W.J. The impact of roads on the densities of four bird species in a open field habitat: Evidence of a long-distance effect. In **Biology Conservation**. 18: 299-321. 1980.
- VIEIRA, E. M. Highway mortality of mammals in Central Brazil. **Ciência e Cultura**. 48: 270-272. 1996.

Anexo 1. Lista das espécies da fauna do Parque Estadual do Morro do Diabo impactadas pela rodovia SP-613 nos três levantamentos apresentados.

Ordem	Família	Espécie	Nome popular
Squamata	Teiidae	<i>Tupinambis teguixin</i>	Teiú
	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Jiboia
	Colubridae	<i>Spilotes pullatus</i>	Caninana
	Viperidae	<i>Crotalus durissus</i>	Cascavel
Tinamiforme	Tinamidae	<i>Crypturellus sp</i>	Inambu
Falconiforme	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Carará
Cariamiformes	Cariamidae	<i>Cariama cristata</i>	Seriema
Cuculiforme	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Alma de gato
Passeriformes	Icteridae	<i>Cacicus haemorrhous</i>	Guache
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i>	Gambá
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i> *	Tamanduá bandeira
		<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá mirim
Cingulata	Dasyopodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Tatu galinha
	Chlamyphoridae	<i>Eupfractus sexcinctus</i>	Tatu peba
Primate	Callitrichidae	<i>Leontopithecus chrysopygus</i> *	Mico-leão-preto
	Atelidae	<i>Alouatta guariba</i>	Bugio
	Cebidae	<i>Cebus apella</i>	Macaco-prego
Carnivora	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i>	Cachorro do mato
	Procyonidae	<i>Nasua nasua</i>	Quati
		<i>Procyon cancrivorus</i>	Mão-pelada
	Mustelidae	<i>Eyra barbara</i>	Irara
	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Jaguaritica
		<i>Leopardus sp.</i>	Gato do mato
		<i>Panthera onca</i> *	Onça pintada
		<i>Puma concolor</i> *	Onça parda
Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestres</i>	Anta
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Cateto
	Cervidae	<i>Ozotocerus bezoarticus</i> *	Veado-catingueiro
Rodentia		<i>Myocastor coypus</i>	Ratão do Banhado
	Echimyidae		
	Hyaenidae	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>	Capivara
	Agoutidae	<i>Agouti paca</i> *	Paca
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta azarae</i>	Cotia
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Tapiti

*Espécies com algum grau de perigo de extinção