

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE**

**Impactos das estradas (malha viária) na fauna de vertebrados de
uma região no sul da Bahia**

Orientador/e-mail: Mirco Solé / mksole@uesc.br

Nome do Candidato/e-mail: Arthur Gomes Bauer

Nível: Doutorado

**Linha de pesquisa do curso na qual o projeto se encaixa: ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE COMUNIDADES, ECOSISTEMAS E PAISAGENS**

Ilhéus 10/11/2017

RESUMO

Rodovias causam uma série de impactos à biodiversidade, sendo considerada uma das principais causas da redução de populações de fauna silvestre. Buscar entender os processos e padrões envolvidos na interação entre as rodovias e ecossistemas pode auxiliar na tomada de decisões de medidas efetivas para redução destes impactos. O trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo que no primeiro, buscamos entender quais as relações entre as características físicas da estrada, as características da paisagem e os principais pontos de atropelamentos em rodovias, de uma região, no sul da Bahia. A região está inserida em uma das principais áreas com remanescentes de Mata Atlântica existentes, rodeada por diversas áreas de proteção ambiental, abrigando uma alta diversidade de espécies e um alto grau endemismo. Seleccionamos cinco trechos para monitoramento dos dados de atropelamentos, dados da rodovia (curvas, pontes e placas, por exemplo), dados ambientais (período do dia e estação ano) e dados de paisagem (fragmentos, conectividade e uso do solo, por exemplo). No segundo capítulo, temos um desenho experimental para analisar a intencionalidade de atropelamentos de serpentes nas rodovias. O registro de serpentes alvos de atropelamentos nas rodovias é bem comum, e no Brasil o contexto cultural é um dos desafios para a conservação das espécies deste grupo. Deste modo, confeccionaremos três modelos de “serpentes falsas” (verde, malhada e padrão circular) para testar se existe a intencionalidade de atropelamento destes objetos (“serpentes falsas”) nas rodovias seleccionadas e se estes atropelamentos tem alguma associação com o tamanho e padrão de cor da serpente.

Palavras-chave: Rodovias, atropelamentos, biodiversidade, ameaças, ecologia de estradas e mitigação.

INTRODUÇÃO

As estradas são uma das estruturas mais utilizadas no atual contexto socioeconômico, pois oferecem acesso e transporte a uma grande quantidade de produtos e matéria prima, assim como no deslocamento de pessoas entre regiões. Entretanto, as estradas também são consideradas como um dos principais direcionadores de degradação da paisagem (Laurence *et al.* 2002). A perda de habitat, a morte por atropelamento, a disseminação de espécies exóticas e o efeito barreira são uma das principais consequências da implantação destas vias (Trombulak & Frissel, 2000), sendo esta última, responsável pela fragmentação do habitat e isolamento das populações silvestres, fatores que, somados a uma grande quantidade de mortes por atropelamentos, aumentam os riscos de extinções locais de inúmeras espécies (Forman *et al.* 2003, Jaeger *et al.* 2006, Fahrig & Rytwinski, 2009). Quando esses fatores ocorrem no entorno de áreas de proteção, esses impactos se tornam ainda mais sérios, pois essas áreas têm uma grande concentração de espécies e alto número de indivíduos (Bager, 2003; Bager & Fontoura, 2013).

Em busca de informações sobre os impactos gerados por rodovias na fauna silvestre, os primeiros estudos sobre ecologia de estradas foram reportados na década de 1920, com análises de medidas de colisão entre veículos e fauna (Spiker, 1927; Komarek & Wright 1929). No século XX, estudos com ecologia de rodovias ampliaram suas temáticas e começaram a desenvolver abordagens como: fragmentação por rodovias (Jaeger *et al.* 2007), impactos da poluição sonora veicular sobre a fauna (Parris & Scheinder, 2008), efeitos populacionais, demográficos e genéticos (Hels & Buchwald, 2001; Clevenger & Samaya, 2010), e a efetividade de medidas mitigatórias (Clevenger & Waltho, 2000). No Brasil, poucos estudos têm abordado os impactos de rodovias na fauna, com predominâncias em publicações que relatam apenas de forma descritiva a lista de espécies de atropelados (Bager, 2003; Bager *et al.* 2007). Estes estudos podem ter suma importância na identificação da magnitude dos impactos causados por atropelamentos, mas não conseguem expressar as relações entre a fauna silvestre e as rodovias (Clevenger *et al.* 2003). Goosem *et al.*(2008) e van der Ree *et al.* (2010) afirmam que os efeitos das rodovias nos organismos, vão depender do comportamento das espécies afetadas, assim como das características da rodovia e da paisagem, tornando-se de total importância o conhecimento

sobre estas relações.

Devido à variedade e intensidade dos impactos causados a fauna silvestre, a gestão de rodovias é absolutamente indispensável. Estudos têm mostrado resultados positivos com o uso de medidas mitigadoras como: passarelas de travessia de animais, placas de sinalização e redutores de velocidade, entre outras (Clevenger & Whalto, 2000; Goosem *et al.* 2005; Glista *et al.* 2009). A adoção de medidas mitigadoras é totalmente dependente do entendimento das relações entre os principais pontos de atropelamentos (agrupamentos) e as variáveis que influenciam estas agregações (Coelho et al. 2008; Taylor & Goldingay, 2010), tornando imprescindível estudos sobre a ecologia de estradas e a paisagem. Assim, esse trabalho busca identificar os impactos causados por rodovias e propor medidas mitigadoras que reduzam a mortalidade de animais silvestres por atropelamentos.

OBJETIVOS

Os objetivos estão separados por capítulos, mas todos estão relacionados com o objetivo geral: identificar quais os impactos das estradas na fauna de vertebrados de uma região no Sul da Bahia.

Capítulo 1

- Identificar a mortalidade de vertebrados causados por atropelamentos, quais os grupos mais atropelados, os trechos que mais ocorrem atropelamentos e quais suas relações com o período do ano e com as características da estrada.
- Investigar quais as relações entre a estrutura da paisagem (e.g.: fragmentos, uso do solo e matriz) e as zonas de atropelamentos da fauna silvestre.
- Propor medidas mitigatórias e de política pública para minimizar os efeitos das rodovias na mortalidade da fauna silvestre da região.

Capítulo 2

- Identificar as taxas de atropelamento intencional de serpentes e analisar se existe relação entre as características das serpentes (e.g.: cor, padrão de mancha e tamanho) e o número de atropelamentos.

JUSTIFICATIVA

Informações sobre as dimensões dos impactos causados pela morte de animais em rodovias são de total importância para a conservação da biodiversidade. O atropelamento de animais silvestres é um problema pouco evidenciado no Brasil, sendo que a grande maioria dos estudos realizados visam apenas o monitoramento ou contagens de animais atropelados por veículos. A região de estudo, devido ao alto endemismo de espécies e a grande biodiversidade, é uma das áreas prioritárias para a conservação ambiental na Bahia e estudos sobre ecologia de estradas, não foram reportados para esta localidade. As relações entre a paisagem e os índices de atropelamentos, bem como as características das estradas e o padrão temporal dos eventos de morte de fauna silvestre por veículos, ainda não foram analisados conjuntamente, sendo esse estudo um dos pioneiros a realizá-lo.

A gestão de estradas e a implantação de medidas mitigadoras devem estar associadas às características geradoras do impacto promovido pelas rodovias. Estudos nesse âmbito auxiliam na efetividade das medidas, no tempo das ações e no custo financeiro destas tomadas de decisões. A partir dos resultados obtidos, as entidades públicas e a sociedade acadêmica, podem direcionar estratégias de medidas, tanto de prevenção, quanto de remediação dos impactos a fauna silvestre.

METODOLOGIA OU MATERIAL E MÉTODOS

Capítulo 1- Impactos de rodovias sobre a fauna de vertebrados – relações entre as estradas, a paisagem e mortalidade de vertebrados por atropelamentos

Área de estudo

O município de Ilhéus localiza-se na porção sul do estado da Bahia e é uma das cidades mais populosas deste estado. Sua economia se baseia em três principais pilares: agricultura, indústria e turismo e possui uma demografia de 178 210 habitantes (IBGE, 2016). Com portos e aeroportos, é uma região com um alto tráfego de automotores e uma malha viária que interliga às principais cidades do entorno, como Itacaré, Una, Itabuna e Camamu. O município também está localizado em uma região rica em biodiversidade e inserido totalmente em remanescentes florestais de Mata Atlântica, com um alto grau de endemismo para diversos grupos biológicos (Galindo-Leal & Camara, 2003).

Como sendo as principais vias de acesso ao município e as com maior tráfego de automóveis na região, os trechos selecionados a serem amostrados são: Ilhéus – Una (BA-001) com uma distância total de 83 km; o trecho Ilhéus- Serra Grande (BA-001) com uma distância de 42 km; Serra Grande - Itacaré(BA-001 e BA-654) com 30kms de distância; o trecho Ilhéus – Uruçuca (BA-262) com 42 km e o trecho Itacaré – Camamu (BA-001 e BA-654) com uma distância de 55 km.

Amostragem

Serão percorridos os trechos das rodovias citadas com veículo automotor a uma velocidade padronizada de 40 km/h em busca de carcaças de vertebrados encontrados em toda a malha viária. As amostras encontradas serão fotografadas e posteriormente identificadas em nível de espécie. A localização de cada indivíduo será marcada com GPS e posteriormente plotada em mapa para averiguação de principais pontos de atropelamentos por espécie, família e ordem. Em planilha será coletados dados temporais como mês do ano, período do dia, período de temporada (alta ou baixa), estação do ano e eventos climáticos (e.g.: chuva). Serão coletados dados da rodovia (distância de curvas, de pontes, de placas de sinalização, em baixadas, distância de centros urbanos e condições do acostamento) nos locais próximos a cada amostra, a fim de identificar possíveis relações entre estes dados e as taxas de atropelamentos. As coletas terão um intervalo de 15 dias

para cada via e com uma duração de dois anos de monitoramento.

As características da paisagem serão analisadas em mais de uma escala. Serão definidos “buffers” de amostragens e a partir deles, mensurados as características estruturais da paisagem como: área total de fragmentos, número de fragmentos, distância entre fragmentos, forma do fragmento e distância para fragmento maior que 50.000m². Estes dados serão obtidos com o software FRAGSTATS. Outra métrica de paisagem também a ser analisada é a conectividade estrutural, que se baseia na conexão dos fragmentos através das suas condições físicas (Keitt *et al.*, 1997). Para isso utilizaremos o plug-in GeoDMA. Obteremos estes valores para cada buffer e observaremos se existe alguma relação com o número de atropelamentos total e nos diferentes níveis taxonômicos.

Análise de Dados

Para a construção do mapa com os pontos e as zonas críticas de atropelamentos da fauna de vertebrados silvestres utilizaremos a plataforma ArqGIS, tendo como inferência a malha viária da região de coleta e os pontos de atropelamento. Para dados temporais, as relações serão calculadas utilizando uma ANOVA fatorial; já as variáveis: forma dos fragmentos (dados da paisagem) e as condições do acostamento (dado da via) serão expostas de forma descritiva, associados aos dados das amostras. Para as variáveis físicas da malha viária como distância de curvas, de pontes, de placas de sinalização (limite de velocidade e informativa de travessia de animais) e a distância de centros urbanos serão correlacionadas com os dados de mortalidade a partir de uma análise de Regressão Múltipla buscando entender quais as relações entre esses dados e as taxas de atropelamentos. As variáveis da paisagem (área total dos fragmentos, número de fragmentos, distância entre fragmentos e distância para fragmento maior que 50.000m²), depois de mensuradas com os softwares FRAGSTATS e GeoDMA, serão correlacionadas com os dados de mortalidade utilizando uma Regressão Múltipla. Essas relações serão mostradas em todos os níveis biológicos, na tentativa de identificar relações nas diferentes escalas taxonômicas (espécie, família, ordem e classe). Todas as análises estatísticas serão realizadas em plataforma **R** Development Core Team (2009).

Capítulo 2- Atropelamentos intencionais em serpentes – um experimento com cobras falsas

Área de estudo

Os experimentos serão feitos em quatro trechos de rodovia, na região de Ilhéus e entorno, as quais circundam diversas reservas biológicas (Reserva Biológica de Una, Parque Estadual Serra do Conduru, Área de Proteção Ambiental Itacaré- Serra Grande entre outras), locais prioritários para conservação. Os trechos serão: Ilhéus – Una (BA-001) , o trecho Ilhéus- Serra Grande (BA-001) ; Serra Grande -Itacaré(BA-001) e o trecho Itacaré – Camamu (BA-001). Os locais ao longo do trecho em que os experimentos acontecerão, ainda serão definidos conforme características da pista.

Desenho Experimental

Para avaliar o atropelamento intencional utilizaremos como base, o método utilizado por Secco *et al.*(2014). Este método consiste no uso serpentes falsas, confeccionadas de pano e preenchidas com areia como representatividade das serpentes. Estas “serpentes falsas” serão pintadas a fim de imitar o mais real possível à aparência de uma serpente verdadeira. Teremos três modelos de serpente: padrão verde (não peçonhenta), padrão malhado (peçonhenta) e padrão circular (não peçonhenta). Para cada modelo teremos dois tamanhos: grande (> 1metro) e pequeno (< 1 metro). Conforme proposto pelo método, os objetos controle serão garrafas PET (polietileno tereftalato), parcialmente preenchidas com areia.

Para cada modelo de serpente, serão escolhidos quatro pontos amostrais em cada trecho de rodovia, sendo quatro em Ilhéus – Una (BA-001), quatro no trecho Ilhéus- Serra Grande (BA-001), quatro no trecho Serra Grande - Itacaré (BA-001) e quatro no trecho Itacaré – Camamu (BA-001), totalizando dezesseis pontos amostrais. Para cada ponto amostral, separados por no mínimo 1,5km, os objetos modelos (falsa serpente e PET) serão colocados em três posições distintas: margem esquerda da via, margem direita da via e centro da via, totalizando 6(seis) objetos por ponto amostral. Cada objeto será monitorado por um

pesquisador, por um período de 2hrs, para coleta das imagens da trajetória dos automóveis. Dos quatro pontos amostrais por serpente, dois serão realizados em dias da semana (de segunda a sexta-feira) e dois em finais de semana (sábados e domingos).

Serão considerados atropelamentos intencionais apenas aqueles em que os automóveis desviam seu curso natural em direção ao objeto exposto. Não serão considerados objetos atropelados em ultrapassagens e nem aqueles com intervalo menor de 30segundos a amostra anterior, para evitar amostras de atropelamentos consecutivos.

Análise dos dados

Para a análise dos dados de intencionalidade, utilizaremos um Test-t com as médias de atropelamentos do controle (PET) e do tratamento (serpente falsa), para cada modelo de serpente. Para comparar se existe uma diferença nas taxas de atropelamento entre os tipos de automóveis (carro, motocicleta, ônibus, pick-up e caminhão), utilizaremos um modelo de análise de variância (ANOVA). Para verificar se existe diferença entre o número de atropelamentos entre os finais de semana e os dias de semana, também utilizaremos um Test-t. Para analisar se as taxas de atropelamentos entre os modelos propostos (verde, malhado e circular) e o tamanho (grande e pequeno) dos modelos tem relação com os números de atropelamentos, utilizaremos um modelo de ANOVA Fatorial. Todas as análises estatísticas serão realizadas em plataforma R Development Core Team (2009).

FINANCIAMENTOS OBTIDOS OU FONTES QUE PRETENDE PEDIR FINANCIAMENTO:

PROTAX CNPq-FAPESB

CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico)

Fundação O Boticário

REFERÊNCIAS

Bager, A. 2003. Repensando as medidas mitigatórias impostas aos empreendimentos viários associados às unidades de conservação. In: Bager, A. (ed). *Áreas Protegidas. Conservação no âmbito do Cone Sul*, Pelotas, 159 – 172.

Bager, A., Piedras, S.R.N., Pereira, T.S.M. e Hobus, Q. 2007. Fauna selvagem e atropelamento – diagnóstico do conhecimento científico Brasileiro. In: Bager, A. (ed). *Áreas Protegidas: Repensando as Escalas de Atuação*. Armazém Digital, Porto Alegre, 49 – 62.

Bager, A. e Fontoura, V. 2013. Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. **Ecological Engineering**. v. 53: 31 – 38.

Clevenger, A.P. e Sawaya, M.A. 2010. Piloting a non-invasive genetic sampling method for evaluating population-level benefits of wildlife crossing structures. **Ecology and Society** 15(1): 7.

Clevenger, A.P. e Whalto, N. 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. **Conservation Biology** 14(1): 47 – 56.

Clevenger, A.P., Chruszcz, B. e Gunson, K.E. 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological Conservation** 109: 15 – 26.

Coelho, I.P. Coelho, A.V.P. e Kindel, A. 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, Southern Brazil. **European Journal of Wildlife Research** 54: 689 – 699.

Fahrig, L. e Rytwinski, T. 2009. Effects of roads on animal abundance: na empirical review

and synthesis. **Ecology and Society**. v. 14(1):21.

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., e Winter, T.C. 2003. **Road ecology: science and solutions**. Island Press, Washington, D.C., USA.

Glista, D.J., DeVault, T.L. e DeWoody, J.A. 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning** 91(1): 1 – 7.

Goosem, M., Weston, N. e Bhushnell, S. 2005. Effectiveness of rope bridge arboreal overpasses and faunal underpasses in providing connectivity for rainforest fauna. ICOET 2005 Proceedings.

Goosem, M., Wilson, R., Weston, N. e Cohen, M. 2008. Highway overpass evaluation of effectiveness: Kuranda Range Road Upgrade Project. James Cook University, Australia, Cairns.

Hels, T., e Buchwald, E. 2001. The effect of road kills on amphibian populations. **Biological Conservation** 99: 331 – 340.

IBGE. BRASIL. Censo Demográfico. 2016. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 08 de novembro de 2017.

Jaeger, J.A.G., Fahrig, L. e Ewald, K.C. 2006. Does the configuration of road networks influence the degree to which roads affect wildlife populations? In: Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation, Eds. Irwin, C.L., Garrett, P. e McDermott, K.P. **Center for Transportation and the Environment**. North Carolina State University, Raleigh, NC: 13 – 17.

Jaeger, J.A.G., Schwarz-von Raumer, H.G., Esswein, H., Muller, M. e Schmidt-Luttman,

M. 2007. Time series of landscape fragmentation caused by transportation infrastructure and urban development: a case study from Baden-Wurttemberg, Germany. **Ecology and Society** 12(1): 22.

Keitt, T.H., Urban, D.L. e Milne, B.T. 1997. Detecting critical scales in fragmented landscapes. **Conservation Ecology**, Santa Fé, v. 1, n. 14.

Komarek, E.V. e Wrigth, E.G. 1929. Birds casualties on the highways. **The Wilson Bulletin**. June 1929: p.106.

Laurence, W.F., Albernaz, A.K.M., Schroth, G. e Fearnside, P.M. 2002. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Biogeography**. v. 29: 737 – 748.

Parris, K.M. e Schneider, A. 2008. Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. **Ecology and Society** 14(1):29.

Secco, H., Ratton, P., Castro, E., Lucas, P.S. e Bager, A. 2014. Intentional snake road-kill: a case study using fake snakes on a Brazil road. **Tropical Conservation Science**. v.7(3): 561-571.

Spiker, C.J. 1927. Feathered victims of the automobile. **The Wilson Bulletin**. March 1927: 11 – 12.

Taylor, B.D. e Goldingay, R.L. 2010. Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia. **Wildlife Research** 37: 320 – 331.

Trombulak, S.C. e Frissell, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**. v. 14: 18 – 30.

van der Ree, R., Cesarini, S., Sunnucks, P., Moore, J.L. e Taylor, A. 2010. Large gaps in canopy reduce road crossing by a gliding mammal. **Ecology and Society** 15(4): 35.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

ATIVIDADES	Ano 1	Ano 2	Ano 3 e 4																							
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F		
Disciplinas	x	x																								
Estagio		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
Coleta de dados		x	x	x	x	x	x	x	x	x																
Análise de dados													x	x												
Referencial Teórico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	
Redação projeto						x	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x						
Submissão de Artigos											x	x											x	X		

Local e data: Ilhéus, 10 de outubro de 2017

Nome do Orientador: Mirco Solé

Assinatura do Orientador: CARTA DE ACEITE EM ANEXO

