

Bolsas Funbio - Conservando o Futuro

Projeto de Pesquisa

a. Título do projeto: Efeitos das estradas nos mamíferos de médio e grande porte do Cerrado

b. Tipo de bolsa solicitada: Doutorado

c. Instituição de Ensino/Programa: Universidade de São Paulo, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada – ESALQ/CENA

d. Nome do aluno:

- Vinicius Alberici Roberto, Mestre em Ciências pela Universidade de São Paulo, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada – ESALQ/CENA;

- currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4171597674607253>;

- endereço profissional: Av. Pádua Dias, 11, ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Vila Independência, CEP 13418-900, Piracicaba, SP – Brasil;

e. Orientador do projeto:

- Adriano Garcia Chiarello, Doutor na área de Ecologia pela University of Cambridge, Professor Doutor de Biologia da Conservação no Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP/USP), Orientador pleno credenciado ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada – ESALQ/CENA;

- currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7625104729898206>;

- endereço profissional: Av. Bandeirantes, 3900, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Monte Alegre, CEP 14040-901, Ribeirão Preto, SP – Brasil;

f. Detalhamento do projeto:

1. Introdução

Estradas impactam ecossistemas terrestres e aquáticos, com efeitos ecológicos diretos e indiretos tanto nos componentes bióticos quanto abióticos da paisagem (COFFIN, 2007). Estes efeitos incluem alterações nos sistemas hidrológicos, na dinâmica de transporte de sedimentos, na qualidade do ar e nas dinâmicas populacionais de plantas e animais. Estradas afetam a biota diretamente pela remoção de ecossistemas inteiros ou indiretamente pela reconfiguração da paisagem, atuando como barreiras que causam a fragmentação de hábitat e o isolamento das populações (FORMAN et al., 2003). Além disso, podem causar alterações ecológicas ou comportamentais nos organismos em suas proximidades (FAHRIG; RYTWINSKI, 2009).

Colisões entre veículos e animais silvestres são um dos fatores que mais contribuem para a perda de biodiversidade em nível global, com taxas de mortalidade superiores às da caça para vertebrados terrestres (FORMAN; ALEXANDER, 1998). O efeito primário dos atropelamentos é obviamente a redução populacional, mas outros efeitos incluem um aumento na pressão de caça em áreas de difícil acesso pelo homem, alterações comportamentais e perda de diversidade genética (JACKSON; FAHRIG, 2011), em decorrência da redução populacional e do impedimento de fluxo gênico entre as populações. Em geral, as comunidades de vertebrados nos trópicos são muito diversas e a alta taxa de espécies atropeladas é preocupante do ponto de vista da conservação, especialmente considerando as espécies ameaçadas. Nestes casos, a perda de alguns indivíduos em uma paisagem fragmentada pode levar à extinção local da espécie (LAURANCE et al., 2009). (...)

No Brasil, estima-se que 8,65 ($\pm 26,37$) vertebrados sejam atropelados por quilômetro de estrada a cada ano, totalizando 14,7 ($\pm 44,8$) milhões de atropelamentos por ano em todo o território nacional (DORNAS et al., 2012). Os mamíferos, especialmente os de médio e grande porte, são muito susceptíveis a atropelamentos devido à sua alta mobilidade o que, aliado às baixas taxas reprodutivas, os tornam muito vulneráveis aos efeitos negativos das estradas (e.g. redução na densidade populacional) (RYTWINSKI; FAHRIG, 2012). De acordo com uma revisão sistemática realizada por Benítez-López et al (2010), o efeito das estradas em populações de mamíferos em geral é bem documentado em distâncias de até 5 km. Entretanto, poucos estudos têm se

dedicado a analisar se essa relação é linear ou se existe um limiar de distância a partir do qual os efeitos negativos das estradas aumentam subitamente. Dentre os mamíferos, as espécies mais atropeladas são geralmente as mais abundantes nas proximidades das estradas, com locomoção lenta e hábito terrícola (CACERES, 2011), como o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*).

O tamanduá-bandeira é uma das quatro espécies de xenartros ocorrentes no Brasil ameaçadas de extinção (categoria “vulnerável”) e o atropelamento figura como uma das principais ameaças à espécie além da perda de hábitat, caça e incêndios (MIRANDA et al., 2014). Os impactos dos atropelamentos superam os causados pela endogamia e por incêndios em modelos de viabilidade populacional de tamanduás-bandeira no Parque Nacional de Brasília – quando mais do que 5% da população é morta por atropelamento, prevê-se que extinções ocorram em menos de 30 anos (DINIZ; BRITO, 2013). Em um estudo recente realizado no Cerrado do Mato Grosso do Sul (ASCENSAO et al., 2017), foram registrados 1.124 mamíferos atropelados em rodovias federais (BR-262, BR-163, BR-267) e estaduais (MS-134), dos quais 135 eram indivíduos de tamanduá-bandeira (>10%). Altas taxas de mortalidade para a espécie têm sido encontradas em diversos estudos na região (CÁCERES et al., 2010; DE SOUZA et al., 2015; FREITAS et al., 2014) e caso essa tendência persista ela pode levar à extinção local de populações de tamanduá-bandeira no Cerrado do Mato Grosso do Sul e ao longo de sua distribuição.

Dentro deste contexto foi concebido o Projeto Bandeiras & Rodovias (<http://www.giantanteater.org>), uma iniciativa de quatro anos que busca quantificar o impacto das rodovias e avaliar seus efeitos nas populações de tamanduá-bandeira no Cerrado. Especificamente, o projeto irá avaliar como as estradas afetam a densidade populacional, o comportamento e a saúde do tamanduá-bandeira, além de buscar entender as percepções sociais e atitudes em relação à espécie. Para atingir esses objetivos, uma equipe multidisciplinar foi reunida, sob a coordenação do Dr. Arnaud Desbiez, fundador e coordenador do Projeto Tatu-Canastra – com suporte de diversas instituições parceiras, entre elas a Fundação Segré e o Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ). Os resultados obtidos pelo Projeto Bandeiras & Rodovias irão servir para o desenvolvimento de estratégias de manejo de fauna e rodovias no Brasil, ajudando a conservar o tamanduá-bandeira ao longo de sua distribuição.

Este projeto, portanto, busca cumprir um dos objetivos centrais do Projeto Bandeiras & Rodovias, ou seja, quantificar o impacto das estradas e seus efeitos na ocupação e densidade populacional do tamanduá-bandeira no Cerrado do Mato Grosso do Sul. Para atingir tal objetivo, a comunidade de mamíferos de médio e grande porte será amostrada por meio de armadilhas fotográficas ao longo de rodovias, método que permitirá avaliar não só os efeitos das estradas nas populações de tamanduá-bandeira, mas também na riqueza e diversidade da comunidade de mamíferos de médio e grande porte.

2. Justificativa

Este projeto é parte do Projeto Bandeiras & Rodovias, que tem como objetivo principal reduzir a probabilidade de extinções locais de tamanduá-bandeira no Cerrado. Especificamente, este projeto irá beneficiar o tamanduá-bandeira de diversas maneiras. Primeiro, ao quantificar os efeitos das estradas na ocupação e na densidade populacional, nós seremos capazes de fornecer dados ecológicos confiáveis para a Análise de Viabilidade Populacional (PVA). Essa é uma etapa crucial para avaliar a viabilidade das populações de tamanduá-bandeira em longo prazo e irá contribuir para realçar a importância das estradas como uma ameaça à população dessa espécie ao longo de sua distribuição. Também irá permitir a comparação entre as estradas e outras ameaças como fragmentação e incêndios, o que é uma etapa essencial no processo de determinar o *status* de conservação da espécie. O PVA será discutido em um *workshop* internacional com especialistas no táxon e *stakeholders* (e.g. concessionárias, tomadores de decisão) em uma reunião participativa que terá como objetivo delinear diretrizes que contribuam para mitigar os efeitos negativos das estradas. Estas diretrizes serão apresentadas às autoridades relevantes e podem contribuir para o desenho de novas estradas ou para a melhoria das já existentes. O projeto também identificará ações específicas que possam contribuir para mitigar os efeitos negativos das estradas nesta espécie e nos demais mamíferos de médio e grande porte. Esperamos engajar a comunidade científica – colaborando com pesquisadores nacionais e internacionais para definir prioridades de pesquisa para a espécie – e comunidades locais, conscientizando-as da importância da biodiversidade do Cerrado por meio de atividades educativas e divulgação na mídia.

3. Objetivos

3.1. *Objetivo geral*

Este projeto tem como objetivo geral quantificar o impacto das estradas e seus efeitos na comunidade de mamíferos de médio e grande porte no Cerrado do Mato Grosso do Sul, Brasil. Especificamente, este projeto irá avaliar os efeitos das estradas nas populações de tamanduá-bandeira, a partir de análises de ocupação e de abundância/densidade populacional.

3.2. *Objetivos específicos*

- i. Estimar a riqueza e a diversidade da comunidade de mamíferos de médio e grande porte em duas paisagens próximas a rodovias no Cerrado, a partir de modelos de ocupação, investigando a importância de covariáveis ambientais nas estimativas destes parâmetros.
- ii. Estimar a probabilidade de ocupação (ψ) de mamíferos de médio e grande porte e investigar como covariáveis ambientais de paisagem naturais e antrópicas, particularmente distância de rodovia e densidade de estradas, afetam a ocupação destas espécies no Cerrado.
- iii. Estimar a abundância/ densidade populacional de tamanduá-bandeira utilizando: a) modelos de ocupação integrados a dados de telemetria b) modelos de encontro aleatório (*random encounter models*) c) amostragem de distâncias (*distance sampling*) com armadilhas fotográficas.
- iv. Engajar a comunidade local na conservação do tamanduá-bandeira e das demais espécies de mamíferos do Cerrado, ressaltando a importância da biodiversidade local, em colaboração com escolas e mídia locais.

4. Métodos e atividades previstas

4.1. *Área de estudo*

Este estudo será realizado em duas áreas amostrais localizadas próximas a duas rodovias, uma estadual (MS-040) e outra federal (BR-267), no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. A MS-040 é uma rodovia estadual que começou a ser construída em 1994, mas foi inaugurada recentemente, há cerca de três anos. Com 209 km de extensão,

esta rodovia tem tráfego leve. A área de estudo adjacente à MS-040 já foi selecionada (Coordenadas: 21°03'09"S, 53°55'27"W) e se estende por cerca de 30 km, incluindo propriedades rurais formadas por fragmentos de vegetação nativa (Cerrado), cursos d'água, pastagens e plantações de eucaliptos. Nesta área foram capturados 20 indivíduos de tamanduá-bandeira para colocação de colar GPS, o que permitirá integrar os dados das armadilhas fotográficas com os provenientes do estudo de telemetria realizado pelo Projeto Bandeiras & Rodovias. Já a BR-267 é uma rodovia federal transversal que corta os estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul e possui extensão 683 km apenas neste estado. Inaugurada em 1937, é uma rodovia de ampla extensão e com fluxo intenso de veículos. A seleção das áreas de estudo seguirá os critérios propostos por Pasher et al (2013), de modo a minimizar o efeito de variáveis de confusão, ou seja, variáveis que se correlacionam com as variáveis preditoras e que aumentam a incerteza associada às estimativas dos parâmetros de interesse. Nesse sentido, serão selecionadas áreas com mínima variação nas características da paisagem (e.g. cobertura de floresta nativa), distantes o suficiente para diminuir os efeitos da autocorrelação espacial e distintas entre si em relação às características da rodovia (e.g. fluxo de veículos).

4.2. Coleta e delineamento amostral

Para as análises de ocupação serão utilizadas armadilhas fotográficas, uma ferramenta não invasiva que permite coletar dados populacionais de mamíferos terrestres de médio e grande porte (O'CONNELL, 2011). As unidades amostrais serão selecionadas dentro de uma faixa de 10 km de largura adjacente à rodovia, nas duas áreas de estudo. Essa distância equivale ao dobro da distância sugerida como distância máxima dos efeitos negativos das estradas em mamíferos (BENÍTEZ-LÓPEZ et al., 2010) e, portanto, garante que serão amostrados indivíduos que não sofrem nenhum efeito da estrada. Cada unidade amostral consistirá em uma paisagem circular de 200 ha ($r \approx 798$ m), concêntrica a uma paisagem circular de 600 ha ($r \approx 1382$ m), o que garantirá um espaçamento mínimo de aproximadamente 2.8 km entre o centro de duas unidades amostrais de 200 ha. Como a espécie foco deste estudo é o tamanduá-bandeira, o tamanho de cada unidade amostral e, conseqüentemente, a distância entre elas, poderão ser ajustados de acordo com os resultados obtidos pelo estudo de telemetria, com relação à área de vida e ao padrão de movimentação dos indivíduos monitorados, garantindo assim a não violação de uma importante premissa dos modelos de ocupação, a independência estatística dos dados de detecção.

Em cada paisagem circular de 200 ha serão instaladas três armadilhas fotográficas automáticas digitais da marca Reconyx[®], que utilizam sensor de infravermelho passivo, fixadas e acorrentadas com cadeados em troncos de árvores a cerca de 40-60 cm do solo, em localidades que maximizem a detecção do tamanduá-bandeira e demais mamíferos de médio e grande porte. As armadilhas permanecerão ligadas 24 horas/dia, durante 30 dias, em cada unidade amostral. Serão utilizadas 30 armadilhas fotográficas e, portanto, a cada mês serão amostradas 10 novas unidades amostrais, aleatoriamente distribuídas. Além disso, em cada paisagem circular de 200 ha serão distribuídas três transecções de 250 m, que serão percorridas em busca de vestígios indiretos (*i.e.* pegadas, fezes, carcaças, etc.). Os vestígios encontrados serão fotografados e identificados com base em guias de campo (BORGES, TOMAS, 2008; BECKER, DALPONTE, 2013). O uso de métodos complementares visa aumentar a detecção das espécies de mamíferos de médio e grande porte nas áreas de estudo. As armadilhas fotográficas e as transecções serão distribuídas aleatoriamente dentro das unidades amostrais. A amostragem compreenderá a estação seca, de abril a setembro, durante os anos de 2018 e 2019. Desta forma, o esforço amostral total será de seis meses e 60 unidades amostrais para cada área de estudo. A restrição da amostragem à estação seca justifica-se pelas condições de acesso às localidades amostrais.

4.3. Modelos de ocupação

MacKenzie et al. (2002, 2006) propuseram um método que estima a probabilidade de ocupação de sítios amostrais quando a probabilidade de detecção da espécie é menor que 1, ou seja, a espécie é detectada com imperfeição. Assim, a detecção da espécie implica na sua presença no sítio amostral. Contudo, não detectar a espécie pode ser decorrente de falhas no método de detecção e, portanto, não implica necessariamente em ausência da espécie. Dessa maneira, é possível estimar com menos viés as probabilidades de ocupação (ψ) – probabilidade de um sítio amostral estar ocupado pela espécie de interesse – e de detecção (p) – probabilidade de detectar ao menos um indivíduo da espécie em determinada ocasião (k), dado que ela ocorre na área de estudo. Os modelos de ocupação lidam com o problema da detecção imperfeita das espécies, mas possuem certas premissas: i) o *status* de ocupação não varia durante a amostragem, isto é, sítios ocupados por uma espécie não são desocupados e vice-versa – as unidades amostrais são fechadas geográfica e demograficamente; ii) as probabilidades de ocupação (ψ) e detecção (p) são constantes entre as unidades

amostrais e, se diferentes, podem ser modeladas por covariáveis; iii) as espécies são corretamente identificadas (sem falsos positivos); e iv) a detecção da espécie de interesse em uma unidade amostral é independente da detecção nas outras unidades durante a amostragem.

Ao violar as premissas dos modelos de ocupação, muda-se a interpretação dos parâmetros estimados. Por isso, o delineamento amostral deste estudo busca assegurar que isso não ocorra. Com relação à premissa de manutenção do *status* de ocupação, a amostragem por 30 dias (6 ocasiões de 5 dias) é curta o suficiente para que seja nulo ou mínimo o número de nascimentos/mortes e de eventos de imigração/migração de indivíduos das unidades amostrais. A inserção de covariáveis preditoras e a identificação dos animais registrados por armadilhas fotográficas asseguram que a segunda e terceira premissas também não sejam violadas. E quanto ao pressuposto de independência estatística dos dados de detecção, para que um mesmo indivíduo não seja detectado em mais de uma unidade amostral, recomenda-se que os sítios amostrais sejam suficientemente espaçados e que as unidades amostrais não sejam menores que a área de vida média da espécie de interesse. Caso contrário, as estimativas de probabilidade de ocupação (ψ) devem ser interpretadas como probabilidade de uso (MACKENZIE et al., 2006). Embora as estimativas de área de vida do tamanduá-bandeira, espécie foco deste projeto, variem consideravelmente, estudos de telemetria realizados no Cerrado com colar GPS indicam valores de áreas de vida entre 80 e 438 ha (ver BERTASSONI et al., 2017). Em um estudo recente analisando a ocupação desta espécie e dos demais mamíferos de médio e grande porte em áreas protegidas e seus entornos no Cerrado do nordeste do estado de São Paulo (PAOLINO et al., 2016), unidades de 200 ha foram utilizadas como unidades amostrais. Dados preliminares dos animais monitorados por telemetria na área de estudo indicam áreas de vida maiores (média \approx 600 ha, $n = 17$). Nesse sentido, o tamanho de cada unidade amostral poderá ser ajustado de acordo com a área de vida e ao padrão de movimentação dos indivíduos monitorados.

4.4. Caracterização da paisagem

A caracterização da paisagem dentro de cada unidade amostral será realizada a partir de dados de sensoriamento remoto, por meio de classificações supervisionadas de imagens dos satélites Landsat, utilizando-se o *software* de Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS v. 10.3 (ESRI). Esta classificação será validada a partir de

bases de dados já existentes, como a do MapBiomas – Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil e a do TerraClass Cerrado – Projeto de Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado, além de visitas a campo. Outra fonte consultada será a classificação supervisionada realizada por Reynolds et al. (2016), que utilizaram o algoritmo Random Forest em uma série de imagens Landsat 8 e produziram um mapa de uso e cobertura do solo do Cerrado do Mato Grosso do Sul.

4.5. Seleção de covariáveis preditoras

Os modelos de ocupação permitem a inclusão de covariáveis para estimar as probabilidades de ocupação (ψ) e detecção (p). Serão selecionadas covariáveis relevantes com base na ecologia e história natural dos mamíferos de médio e grande porte, com foco no tamanduá-bandeira. As covariáveis de paisagem naturais definidas *a priori* são: porcentagem de vegetação nativa, porcentagem de pastagem, porcentagem de silvicultura, distância euclidiana do curso d'água mais próximo, além de duas covariáveis de amostragem, temperatura (média) e precipitação (total). Já as covariáveis de paisagem antrópicas incluem a distância da rodovia (i.e. estrada pavimentada) e a densidade de estradas não pavimentadas. Será incluída também uma covariável de sítio categórica: área de estudo (MS-040 ou BR-267). Caso haja um número significativo de cães domésticos na área, a presença destes também poderá ser inserida como uma covariável categórica no processo de modelagem. Serão realizadas análises de correlação de Pearson para reduzir a colinearidade entre as variáveis, sendo consideradas não correlacionadas as variáveis que apresentarem $r < 50\%$.

4.6. Abundância e densidade populacional de tamanduá-bandeira

Estimativas de abundância de populações animais envolvem basicamente duas premissas, de acordo com Royle e Nichols (2003). Primeiro, a necessidade de fazer inferências sobre toda uma área de interesse a partir de um conjunto de amostras limitadas no espaço e no tempo e, segundo, a detectabilidade, ou seja, a probabilidade de que o animal presente na área de interesse seja detectado durante a amostragem. Métodos que estimam abundância e densidade populacional a partir da detectabilidade, como os modelos espaciais de captura-recaptura (Royle et al., 2013), podem demandar muito tempo e esforço. Além disso, são tradicionalmente restritos a espécies que possuem marcações individuais identificáveis (e.g. grandes felinos, como a onça pintada). Embora exista a possibilidade de que tamanduás-bandeira possam ser

identificados com base na coloração de suas patas dianteiras e das faixas pretas com contorno branco que se estendem da garganta até os ombros dos indivíduos (Mobelstoff, pers. comm.), alguns pesquisadores apontam que esse processo pode ser desafiador (Quiroga, pers. comm.).

Os modelos de ocupação, que são baseados apenas em dados de presença / ausência (detecção / não detecção), incorporam a probabilidade de detecção em suas estimativas (MacKenzie et al 2002), sem a necessidade de identificação dos indivíduos. Uma das mais importantes fontes de heterogeneidade para o parâmetro de detecção é a variação na abundância animal entre sítios amostrais. Royle e Nichols (2003) propuseram um método para (1) lidar com a heterogeneidade da probabilidade de detecção decorrente da variação na abundância e (2) utilizar a heterogeneidade para extrair informações sobre abundância a partir dos modelos. Assim, para entender o efeito das estradas na abundância relativa dos tamanduás-bandeira, será utilizado o modelo de Royle e Nichols (2003). O modelo RN considera que a probabilidade de detectar uma espécie em uma unidade amostral é condicionada à abundância (N_i) e pode ser modelada assumindo-se uma distribuição paramétrica para N_i , a distribuição de Poisson. O parâmetro lambda (λ_i) é a média da distribuição de Poisson e pode ser interpretado como o tamanho médio da população dos indivíduos amostrados pelas armadilhas fotográficas. No entanto, como a área efetivamente amostrada de uma armadilha fotográfica é desconhecida e, portanto, é preciso cuidado para interpretar este parâmetro como abundância absoluta ou densidade (e.g. n° de tamanduás-bandeira por hectare).

Não obstante, estimativas de densidade são fundamentais para a conservação e o manejo de populações animais e muito importantes no contexto desta pesquisa, uma vez que a literatura sobre densidade populacional de tamanduá-bandeira no Cerrado é escassa. Além disso, um dos objetivos do Projeto Bandeiras & Rodovias é realizar uma Análise de Viabilidade Populacional (PVA) do tamanduá-bandeira no Cerrado e estimativas de densidade são necessárias para essa análise. Por isso, serão explorados métodos alternativos para estimar a densidade de tamanduá-bandeira, seja utilizando dados de telemetria (n° de indivíduos, área de vida e uso de habitat), ou métodos que estimam a densidade populacional sem a necessidade de reconhecimento individual – os chamados Modelos de Encontros Aleatórios (*Random Encounter Models* – REMs), em função da taxa de detecção do animal e de sua velocidade de movimentação

(ROWCLIFFE et al., 2008). Além disso, também será testada a amostragem por distâncias (*distance sampling*) a partir do armadilhamento fotográfico, utilizando a distancia entre os animais e as câmeras para estimar a densidade da população (HOWE et al., 2017).

4.7. *Análise dos resultados*

A riqueza da comunidade de mamíferos de médio e grande porte será estimada via protocolo múltiplas espécies/ estação única (*single-season/ multiple-species*). Esta abordagem dos modelos de ocupação produz estimativas mais robustas que métodos tradicionais (*e.g.* curvas de acúmulo de espécies ou estimadores não paramétricos), que não incorporam a probabilidade de detecção, tampouco covariáveis individuais (*e.g.* peso corpóreo, espécie nativa/ invasora) que possam influenciar neste parâmetro (MACKENZIE et al., 2006). Além disso, é possível incorporar espécies de provável ocorrência, mas que não foram registradas durante a amostragem. Já a diversidade da comunidade de mamíferos de médio e grande porte será avaliada pelo WPI (*Wildlife Picutre Index*), um índice desenvolvido para monitoramento da biodiversidade (O'BRIEN et al., 2010) que também lida com o problema da detecção imperfeita, pois consiste em uma média geométrica dos valores ocupação das espécies da comunidade.

As probabilidades de detecção (p) e ocupação (ψ) do tamanduá-bandeira serão modeladas via protocolo espécie única/ estação única (*single-season/ single-species*), em duas etapas: primeiro modela-se a probabilidade de detecção (p) em função das covariáveis de amostragem e/ou sítio, mantendo-se a probabilidade de ocupação (ψ) constante; em seguida, o modelo mais parcimonioso para a detecção é utilizado para estimar a probabilidade de ocupação (ψ), apenas em função das covariáveis de sítio (MACKENZIE et al., 2006). Para o modelo de Royle-Nichols, o parâmetro de abundância (λ) será fixado no modelo global (incluindo todas as covariáveis explanatórias como potenciais preditores deste parâmetro) e o efeito de cada covariável de detecção modelado isoladamente até que se obtenha a variável com maior poder de explicação.

Modelos serão classificados e selecionados com base no Critério de Informação Akaike (AIC). Modelos serão ordenados do menor valor de AIC para o maior e aqueles que apresentarem $\Delta AIC \leq 2$ (i.e. $\Delta AIC = AIC_{\text{cada modelo}} - AIC_{\text{primeiro modelo}}$) serão considerados mais parcimoniosos ou com forte evidência de suporte pelos dados

(BURNHAM; ANDERSON, 2002). Modelos de ocupação serão rodados nos programas MARK v. 8.0 (COOCH; WHITE, 2009) e PRESENCE v. 10.2 (HINES, 2006) e também no pacote unmarked (FISKE et al., 2013) no R (R CORE TEAM, 2015).

4.8. Extensão e divulgação científica

Este projeto irá buscar o engajamento da comunidade local na conservação do tamanduá-bandeira, por meio de atividades de extensão, compartilhando os resultados da pesquisa em palestras e exposições em escolas rurais e pequenas escolas urbanas, além de distribuir materiais educativos e informativos sobre a espécie. Álbuns contendo as melhores imagens obtidas pelas armadilhas fotográficas serão produzidos e distribuídos nas comunidades, ressaltando o valor da biodiversidade local. Esta etapa do projeto será realizada em parceria com a doutoranda Mariana Catapani do Projeto Bandeiras & Rodovias, responsável por avaliar, por meio de entrevistas com *stakeholders* (e.g. caminhoneiros), as percepções sociais do tamanduá-bandeira e as atitudes negativas que podem estar motivando atropelamentos intencionais da espécie. Com relação à divulgação científica, os resultados do Projeto Bandeiras & Rodovias serão divulgados na mídia nacional e internacional e um documentário sobre a espécie será produzido em parceria com uma jornalista ambiental local.

5. Detalhamento da infraestrutura física e tecnológica a ser utilizada

O Instituto de Conservação de Animais Silvestres (ICAS) é responsável por dar suporte técnico e administrativo ao Projeto Bandeiras & Rodovias. O ICAS possui sede na cidade de Campo Grande (MS) e é formado por uma equipe de profissionais extremamente capacitados – biólogos, veterinários e educadores, coordenados pelo Dr. Arnaud Desbiez. O Projeto Bandeiras & Rodovias conta com o suporte da Fundação Segré e de diversas instituições nacionais e internacionais, garantindo assim a infraestrutura física e tecnológica necessárias para a plena execução deste projeto. O Projeto Bandeiras & Rodovias possui veículo próprio para ser utilizado em campo e todas as pesquisas são realizadas em propriedades privadas (fazendas) parceiras do projeto. Até o presente momento, os custos das atividades de campo, incluindo a compra dos materiais de pesquisa (e.g. armadilhas fotográficas) foram cobertos com recurso proveniente do programa “EDGE of Existence”, da Sociedade Zoológica de Londres, em parceria com a National Geographic Society. Este projeto também conta com apoio do Laboratório de Ecologia e Conservação, da USP de Ribeirão Preto, SP.

6. Linhas gerais do cronograma a ser cumprido

ATIVIDADE	2018				2019				2020				2021			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
Coleta de dados (Área 1)	X	X	X	X												
Coleta de dados (Área 2)					X	X	X	X								
Análise dos dados					X	X	X	X	X	X	X	X				
Atividades de extensão nas escolas locais				X				X				X				X
Distribuição de álbuns da biodiversidade				X				X				X				X
Distribuição de materiais educativos				X				X				X				X
Workshop internacional													X	X	X	X
Redação da tese													X	X	X	X
Defesa da tese																X
Submissão de artigos científicos													X	X	X	X

7. Planilha de orçamento com estimativa dos gastos previstos

Orçamento da Pesquisa						
Categoria de despesa	Descrição dos itens	Material será cedido para Instituição (Sim ou Não)	Quantidade	Unidade (un; litro; metro; dia; km)	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Uso e consumo (descrever cada item)	Caixa organizadora para material de campo	Sim	2	unidade	R\$ 49,99	99.98
	Material de papelaria para as atividades de campo (lápis, apontador, borracha, caneta, marcador permanente, prancheta, fitas adesivas, etc)	Não	1	unidade	R\$ 150,00	150.00
	Fotocópias e encadernação (caderno de campo)	Não	400	unidade	R\$ 0,50	200.00
	Fitas de marcação para atividades de campo	Não	10	unidade	R\$ 25,00	250.00
	Pilhas alcalinas AA (pct com 6 unidades) para uso em campo	Não	10	unidade	R\$ 19,99	199.90
Serviço de Terceiros Pessoa Física					R\$ -	0.00
Serviço de terceiros Pessoa Jurídica					R\$ -	0.00
Viagens	Passagem (Piracicaba/Campo Grande/Piracicaba)	Não se aplica	12	unidade	R\$ 530,76	6,369.12

	Diesel para camionete (300L /mês x 12 meses)	Não se aplica	3600	litros	R\$ 4.00	14,400.00
	Manutenção de veículo (gasto mensal)	Não se aplica	12	unidade	R\$ 400.00	4,800.00
	Hospedagem em Campo Grande (2 diárias/mês)	Não se aplica	24	diária	R\$ 125.00	3,000.00
	Alimentação em Campo Grande (4 refeições/mês p/ 2 pessoas)	Não se aplica	96	refeições	R\$ 35.00	3,360.00
	Alimentação durante o campo (1 compra em mercado/mês)	Não se aplica	12	unidade	R\$ 150.00	1,800.00
Equipamentos	GPS Portátil GARMIN GPSMAP 64	Sim	1	unidade	R\$ 1,699.00	1,699.00
	HD externo de 2TB para armazenamento do banco de dados	Sim	1	unidade	R\$ 399.00	399.00
	Cartão de memória SDHC de 32GB para uso em armadilhas fotográficas	Sim	30	unidade	R\$ 100.00	3,000.00
Outros (específico para o projeto)						0.00
TOTAL						39,727.00

8. Resultados esperados e impacto previsto do projeto

Este projeto é parte do Projeto Bandeiras & Rodovias, que tem entre os seus resultados esperados: quantificação e predição de atropelamentos de tamanduá-bandeira

Vinicius Alberici Roberto

e outras espécies; avaliação, a partir de dados de telemetria, do comportamento do tamanduá-bandeira em resposta às rodovias; avaliações de saúde silvestre; investigação dos aspectos sociais relativos às colisões entre veículos e animais; Análise de Viabilidade Populacional (PVA) da espécie, etc. Especificamente, meu projeto de Doutorado tem como resultados esperados e impactos previstos:

- Publicação de artigo científico avaliando os efeitos das estradas nos mamíferos de médio e grande porte do Cerrado e, particularmente, nas populações de tamanduá-bandeira;
- Publicação de recomendações para a conservação dos mamíferos de médio e grande porte do Cerrado, com foco em estratégias de mitigação para os efeitos negativos das estradas, sobretudo dos atropelamentos; incluindo a distribuição deste material para autoridades e demais setores da sociedade civil;
- Produção de um “Guia de Sobrevivência” especificando ações para a prevenção das extinções locais do tamanduá-bandeira no Cerrado, incorporando os resultados do PVA e avaliando a viabilidade da espécie, com destaque para os impactos das estradas ao longo de sua distribuição;
- Engajamento das comunidades locais na conservação do tamanduá-bandeira e da biodiversidade do Cerrado, por meio da educação ambiental e comunicação.

9. Referências Bibliográficas

ASCENSAO, F. et al. Spatial patterns of road mortality of medium?large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Wildlife Research**, n. March, p. 1–3, 2017.

BECKER, M.; DALPONTE, J.C. **Rastros de Mamíferos Silvestres Brasileiros - um Guia de Campo**. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2013.

BERTASSONI, A. et al. Movement patterns and space use of the first giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) monitored in São Paulo State, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 0, n. 0, p. 1–7, 2017.

BORGES, P.A.L.; TOMAS, W.M. **Guia de rastros e outros vestígios de mamíferos do Pantanal**. 2ª edição. Editora Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008.

Vinicius Alberici Roberto

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**. [s.l: s.n.]. v. 172

CACERES, N. C. Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest–Cerrado interface in south-western Brazil. **Italian Journal of Zoology**, v. 78, n. 3, p. 379–389, 2011.

CÁCERES, N. C. et al. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 27, n. 5, p. 709–717, 2010.

COFFIN, A. W. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography**, v. 15, n. 5, p. 396–406, 2007.

COOCH, E.; WHITE, G. Program MARK. **A Gentle Introduction**, p. 1–414, 2009.

DE SOUZA, J. C.; DA CUNHA, V. P.; MARKWITH, S. H. Spatiotemporal variation in human-wildlife conflicts along highway BR-262 in the Brazilian Pantanal. **Wetlands Ecology and Management**, v. 23, n. 2, p. 227–239, 2015.

DINIZ, M. F.; BRITO, D. Threats to and viability of the giant anteater, *Myrmecophaga tridactyla* (Pilosa: Myrmecophagidae), in a protected Cerrado remnant encroached by urban expansion in central Brazil. **Zoologia**, v. 30 (2), n. 2, p. 151–156, 2013.

DORNAS, R. A. P. et al. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: **Ecologia de estradas**. [s.l: s.n.]. p. 19.

FAHRIG, L.; RYTWINSKI, T. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. **Ecology and Society**, v. 14, n. 1, p. 21–41, 2009.

FISKE, A. I. et al. Package “unmarked”. **Models for data from unmarked animals**, p. 105, 2013.

FORMAN, R. et al. Road ecology: science and solutions. **Review Literature And Arts Of The Americas**, p. 481, 2003.

FORMAN, R. T. T.; ALEXANDER, L. E. Roads and Their Major Ecological Effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 29, n. 1, p. 207–231, 1998.

FREITAS, C. H. DE; JUSTINO, C. S.; SETZ, E. Z. F. Road-kills of the giant anteater in south-eastern Brazil: 10 years monitoring spatial and temporal determinants. **Wildlife Research**, v. 41, n. Vieira 1996, p. 673–680, 2014.

Vinicius Alberici Roberto

HINES, J. E. **PRESENCE- Software to estimate patch occupancyUSGS-PWRC**.<http://w2ww.mbr-pwr.usgs.gov/software/presence.html>, 2006. Disponível em: <<http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html>>

HOWE, E. J. et al. Distance sampling with camera traps. **Methods in Ecology and Evolution**, 2017.

JACKSON, N. D.; FAHRIG, L. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. **Biological Conservation**, v. 144, n. 12, p. 3143–3148, 2011.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 12, p. 659–669, 2009.

MACKENZIE, D. I. et al. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. **Ecology**, v. 83, n. 8, p. 2248–2255, 2002.

MACKENZIE, D. I. et al. Occupancy Estimation and Modeling. **Elsevier**, n. 1, p. 1–324, 2006.

MIRANDA, F.; BERTASSONI, A.; ABBA, A. M. *Myrmecophaga tridactyla*, Giant Anteater. **The IUCN Red List of Threatened Species**, v. 8235, p. 1–14, 2014.

O'BRIEN, T. G. et al. The wildlife picture index: Monitoring top trophic levels. **Animal Conservation**, v. 13, n. 4, p. 335–343, 2010.

O'CONNELL. **Camera traps in animal ecology: Methods and analyses**. [s.l: s.n.].

PAOLINO, R. M. et al. Buffer zone use by mammals in a Cerrado protected area. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 2, p. e20140117, 2016.

PASHER, J. et al. Optimizing landscape selection for estimating relative effects of landscape variables on ecological responses. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 3, p. 371–383, 2013.

R CORE TEAM. R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**, v. 55, p. 275–286, 2015.

REYNOLDS, J. et al. Using Remote Sensing and Random Forest to Assess the Conservation Status of Critical Cerrado Habitats in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Land**, v. 5, n. 2, p. 12, 2016.

ROWCLIFFE, J. M. et al. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 4, p. 1228–1236, ago. 2008.

Vinicius Alberici Roberto

ROYLE, J.A., CHANDLER, R.B., SOLLMANN, R., GARDNER, B., 2013. Spatial Capture-recapture: First Edition, **Spatial Capture-recapture**: First Edition. doi:10.1016/C2012-0-01222-7

ROYLE, J. A., NICHOLS, J. D. 2003. Estimating abundance from repeated presence-absence data or point counts. Ecological Society of America. **Ecology** 84(3): 777–790

RYTWINSKI, T.; FAHRIG, L. Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. **Biological Conservation**, v. 147, n. 1, p. 87–98, 2012.

WHITE, G. C. et al. Capture-Recapture and Removal Methods for Sampling Closed Populations. **The Journal of Wildlife Management**, v. 48, n. 1, p. 304, 1984.