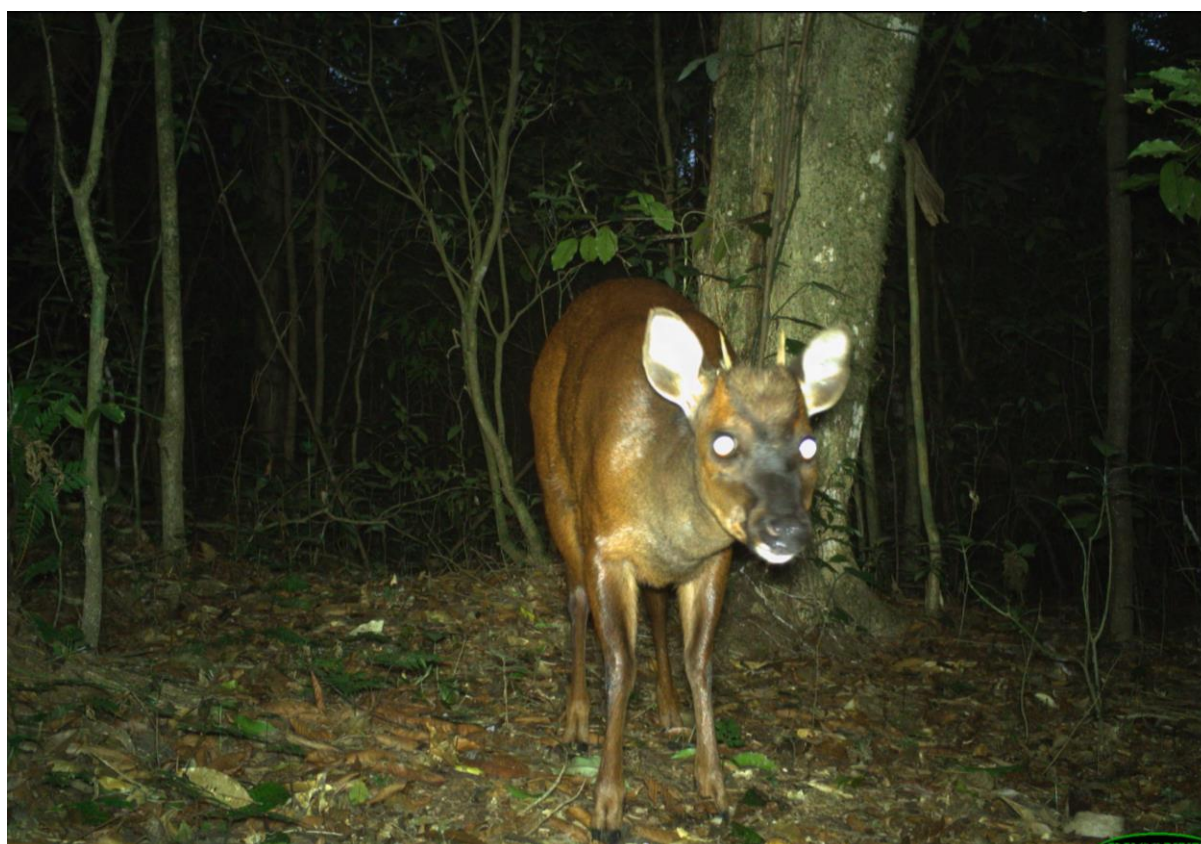


Projeto de Pesquisa

Coocorrência e determinantes ecológicos da ocupação de cervídeos na Mata Atlântica



Responsável: Dr. Francisco Grotta Neto

Instituição sede: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista
(FCAV - UNESP campus Jaboticabal)

Resumo

Compreender as relações interespecíficas e o efeito das características da paisagem no uso de hábitat é fundamental para compreender como ocorrem as formações das comunidades biológicas. Espécies próximas filogeneticamente tendem a compartilhar maiores semelhanças ecológicas e sobreposição de nicho, sendo as adaptações evolutivas fundamentais para a coexistência de espécies congêneres. Cervídeos do gênero *Mazama* se dividem em dois clados e convergiram morfológicamente durante a adaptação à ambientes florestais. A ecologia deste grupo apresenta uma estruturação filogenética, pairando questões ecológicas sobre a importância relativa das características da paisagem e interações interespecíficas na ocupação das espécies. Utilizando técnicas não invasivas (armadilhas fotográficas e DNA fecal) e ocupação como uma medida de uso de hábitat, a meta deste projeto é determinar os fatores ecológicos que afetam a ocupação dos *Mazama*. Nesse sentido, serão testadas duas hipóteses alternativas: I) o uso de hábitat dos veados *Mazama* é determinado principalmente pelas características do ambiente, sendo esperados efeitos positivos das variáveis de hábitat que indiquem ambientes florestais maduros para espécies do clado vermelho; e II) interações interespecíficas são os principais determinantes do uso de hábitat dos *Mazama*, sendo esperado uma evitação espacial entre as espécies de *Mazama* e destes com predadores. Três Unidades de Conservação da Mata Atlântica com diferentes composições de espécies serão amostradas por armadilhas fotográficas e cães farejadores para amostragem fecal. Modelos de ocupação e coocorrência serão utilizados para avaliar o efeito das características da paisagem e de outras espécies (*Mazama* sp. e predadores) no uso de hábitat dos *Mazama*. Assim, os dados que serão gerados contribuirão para a compreensão dos mecanismos que afetam a coocorrência e a distribuição de espécies filogeneticamente próximas e ecologicamente semelhantes, de modo a contribuir para a conservação dos *Mazama* e para o entendimento da formação das comunidades biológicas.

Abstract

Understanding the interspecific interactions and the effect of landscape on habitat use is fundamental to understanding how biological community formations occur. Phylogenetically closer species tend to share greater ecological similarities and niche overlap. Thus, evolutionary adaptations are fundamental for the coexistence of congeners species. Brouzet deer (*Mazama* genus) are a polyphyletic group divided into two clades that converged phenotypically during adaptation to forest environments. The ecology of this group has a phylogenetic structure, resulting in ecological questions about the relative importance of landscape features and interspecific interactions in the occurrence of species. Using non-invasive tools (camera traps and fecal DNA) and occupancy as a proxy of habitat use, the goal of this project is to determine the ecological factors that affect *Mazama* occupancy. Two alternative hypotheses will be tested: I) the habitat use of *Mazama* deer is mainly determined by the characteristics of the environment, being expected positive effects of habitat covariates that indicate mature forest for species of the red clade; and II) interspecific interactions are the main determinants of *Mazama* habitat use, being expected spatial avoidance between *Mazama* species and those with predators. Three Protected Areas in the Atlantic Forest, Brazil, with different species compositions will be sampled by camera traps and scat detection dogs for fecal sampling. Occupancy and co-occurrence models will be used to evaluate the effect of landscape covariates and other species (*Mazama* sp. and predators) on *Mazama* habitat use. Thus, the data that will be generated will contribute to the understanding of the mechanisms that affect the co-occurrence and the distribution of phylogenetically close and ecologically similar species in order to contribute to the conservation of *Mazama* species and to the understanding of the formation of biological communities.

INTRODUÇÃO

Descobrir os efeitos relativos das características da paisagem (uso de hábitat) e das relações interespecíficas é fundamental para compreender a formação das comunidades e como as espécies coocorrem no ambiente. Espécies podem coexistir com mais frequência quando o uso de hábitat é uma característica conservada, denominada atração filogenética, ou podem ser localmente excluídas (repulsão filogenética) em virtude da alta semelhança e sobreposição de nicho (Webb et al. 2002). Nesse sentido, espécies mais próximas filogeneticamente, principalmente do mesmo gênero, tendem a compartilhar maiores similaridades ecológicas e, conseqüentemente, maiores sobreposição de recursos e de dimensões de nicho (Pianka 1994; Webb 2000; Roll et al. 2006). Dessa forma, a coexistência de espécies é o resultado de vários mecanismos, sendo que para compreendê-los é necessário um entendimento aprofundado dos mecanismos de competição (Amarasekare 2009). Assim, a evolução de espécies congêneres deve levar à diferenciação em ao menos uma dimensão de nicho para haver coocorrência, sendo a partição espacial (uso diferenciado de hábitat) um dos mecanismos mais importantes para este processo (Schoener 1974).

Informações de uso de hábitat podem ser uma fonte útil para estimar as distribuições de espécies e os processos que conduzem os padrões de ocupação (Mackenzie et al. 2006). Para isso, modelos de ocupação constituem uma ferramenta importante na determinação dos mecanismos atrelados à ocorrência e ao efeito de uma espécie sobre a outra - coocorrência (Mackenzie et al. 2004, 2006; Bailey et al. 2014). Tais modelos permitem avaliar a influência das características da paisagem e das relações interespecíficas na ocupação das espécies. Por exemplo, a maior densidade de palmeiras e a proximidade com recursos hídricos aumentaram a probabilidade de ocupação de antas (*Tapirus terrestris*) na Mata Atlântica (Ferregueti et al. 2017), enquanto que, nos Andes equatoriano, a presença de cães domésticos (*Canis familiaris*) afetou negativamente a ocupação de três espécies de carnívoros como resultados da predação e da competição por presas (Zapata-Ríos and Branch 2018). Contudo, embora o efeito da presença de uma espécie na ocupação de outra possa ser negativo (evitação), as espécies podem estar se confrontando de maneira mais ou menos intensa de acordo com as características do ambiente e, dessa forma, diferentes espécies podem coocorrer em cada local (Grotta-Neto 2020). Isso porque a heterogeneidade do ambiente proporciona inversões da vantagem competitiva em diferentes manchas espaciais e isso pode facilitar a coocorrência de espécies que competiriam prontamente pela exclusão em um ambiente mais homogêneo (Putman 1996; Amarasekare 2009).

Cervídeos do gênero *Mazama* constituem um grupo de espécies que sofreram um processo evolutivo de convergência morfológica durante a ocupação de florestas Neotropicais (Duarte et al.

2008). Este gênero compreende um grupo polifilético que se divide em dois clados, vermelho e cinza (Duarte et al. 2008). Espécies do clado vermelho, como o veado-mateiro (*M. americana*) e o veado-mateiro-pequeno (*M. bororo*), estão relacionadas com ambientes florestais maduros (Vogliotti 2008; Grotta-Neto 2020). Por exemplo, a probabilidade de ocupação de *M. americana* foi melhor descrita pela maior densidade de árvores com diâmetro na altura do peito maior que 50 cm e mais distante da borda florestal (Ferregueti et al. 2015), enquanto as áreas de uso de *M. bororo* são cobertas por vegetação nativa em bom estado de conservação (Vogliotti 2003). Por outro lado, o veado-catingueiro (*M. gouazoubira*) – clado cinza – está associado às fitofisionomias mais abertas, como campos e savanas, e ambientes florestais degradados e antropizados (Eisenberg and Redford 1999; Rodrigues et al. 2017; Grotta-Neto et al. 2020).

Estudos recentes de uso do hábitat expandiram o conhecimento ecológico deste grupo, mas carecem de análises de coocorrência que possibilitariam inferir o efeito de potenciais competidores. Dessa forma, ainda restam dúvidas sobre como a partição de hábitat ocorre entre as diferentes espécies de *Mazama* e se a atual distribuição é influenciada por uma eventual competição (Oliveira et al. 2019). Adicionalmente, a segregação de hábitat entre os *Mazama* pode ser resultado da predação diferencial entre hábitats distintos (Bodmer 1991), mas pouco se sabe sobre o papel de predadores na ocupação das espécies. Recentemente, foi observado que *M. gouazoubira* possui maior amplitude na dimensão espacial de nicho, enquanto *M. bororo* ficou mais restrito à ambientes florestais maduros, sendo hipotetizado que a partição em escala de micro-hábitat possibilita a coocorrência em escalas mais amplas entre ambas espécies (Grotta-Neto 2020). As relações interespecíficas acerca dos *Mazama* são praticamente desconhecidas, sendo os poucos estudos ecológicos centrados dentro do contexto de sobreposição nas dimensões espacial e temporal de nicho (Bodmer 1991; Rivero et al. 2005; Di-Bitetti et al. 2008; Chiaravalloti et al. 2010; Ferregueti et al. 2015). Nesse sentido, a sobreposição em algumas dimensões de nicho entre os *Mazama* sugere que as espécies podem estar se evitando em algum grau, principalmente pela natureza seletiva de recursos e comportamentos que sugerem ser territorialistas (Putman 1988; Black-Décima 2000). Assim, restam dúvidas se os *Mazama* do mesmo clado coocorrem menos e se esta ocupação também sofre influência outras espécies.

Portanto, as espécies de *Mazama* representam um bom modelo de estudo para compreender os mecanismos pelos quais espécies filogeneticamente próximas e ecologicamente parecidas possam coocorrer. Utilizando modelos de ocupação como uma medida de uso de hábitat, a meta deste projeto é determinar os fatores ecológicos que afetam a ocupação das espécies de *Mazama*. Especificamente, os objetivos são 1) avaliar as características da paisagem e 2) identificar as espécies que podem afetar a ocupação dos *Mazama*. Duas hipóteses alternativas serão testadas: 1)

o uso de hábitat dos veados *Mazama* é determinado principalmente pelas características da paisagem. Nesse sentido, são esperados efeitos positivos das variáveis de hábitat que indiquem florestas maduras e em estágios avançados de sucessão (p. ex. maiores densidades arbóreas, altura e cobertura de dossel) para *M. americana*, *M. bororo* e *M. nana*, e pouco ou ausência de efeito das covariáveis de hábitat para *M. gouazoubira*, espécie com maior plasticidade no uso de hábitat (Vogliotti 2003, 2008; Ferregueti et al. 2015; Grotta-Neto 2020); II) interações interespecíficas são os principais determinantes do uso de hábitat dos *Mazama*. Assim, é esperado uma evitação espacial entre os *Mazama* em virtude da natureza seletiva de recursos (Putman 1988) e dos comportamentos que sugerem que essas espécies sejam territorialistas (Black-Décima 2000), e um efeito negativo de grandes predadores, como as onças pintada (*Panthera onca*) e parda (*Puma concolor*), na ocupação dos *Mazama* como resultado da predação (Aranda & Sánchez-Cordero 1996; Novack et al. 2005; Foster et al. 2010).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Mata Atlântica abriga uma das maiores diversidade de espécies do planeta e é considerado um *hotspot* mundial para a conservação da biodiversidade (Myers et al. 2000). Nesse bioma, três Unidades de Conservação serão amostradas: Parque Nacional do Iguaçu, Parque Estadual das Lauráceas e Estação Ecológica da Mata Preta (Tabela 1; Figura 1). A escolha dessas três áreas foi condicionada pela composição e simpatria de diferentes espécies de *Mazama* encontradas em outros estudos (Duarte et al. 2016; Oliveira et al. 2019; Grotta-Neto 2020). Adicionalmente, a área de estudo contempla uma ampla heterogeneidade de habitats em razão das diferentes formações fitofisionômicas da Mata Atlântica, como as Florestas Ombrófilas Densa, Mista e Estacional Semidecidual (Tabela 1).

Coleta de dados

Os dados de ocupação, coocorrência, padrão de atividade e densidade populacional serão coletados por duas ferramentas ecológicas não invasivas: armadilhas fotográficas e DNA fecal. O uso de ambas ferramentas maximizará a coleta de dados para o modelo biológico, adquirindo informações complementares que possibilitará compará-las na intenção de avaliar as vantagens de cada ferramenta para o estudo de espécies elusivas e pouco estudadas na natureza. Dessa forma,

cada ferramenta terá o mesmo delineamento amostral proposto para todas as abordagens ecológicas.

Tabela 1. Unidades de Conservação com as respectivas áreas (em hectares) e formação fitofisionômica de Mata Atlântica onde serão realizadas amostragens com DNA fecal e armadilhas fotográficas. A escolha dessas áreas é condicionada nas diferentes composições das espécies de *Mazama* levantadas em outros estudos (Duarte et al. 2016; Oliveira et al. 2019; Grotta-Neto 2020).

PN = Parque Nacional, PE = Parque Estadual, ESEC = Estação Ecológica, *Ma* = *Mazama americana*, *Mn* = *M. nana*, *Mb* = *M. bororo* e *Mg* = *M. gouazoubira*.

Unidade de Conservação	Tamanho (ha)	Formação florestal	Ocorrência de espécies				Referência
			<i>Ma</i>	<i>Mn</i>	<i>Mb</i>	<i>Mg</i>	
PN do Iguaçu	182.262	Estacional semidecidual	X	X			Duarte et al. 2016
ESEC Mata Preta	6.566	Ombrófila mista	X	X		X	Oliveira et al. 2019
PE das Lauráceas	30.001	Ombrófila densa			X	X	Grotta-Neto 2020

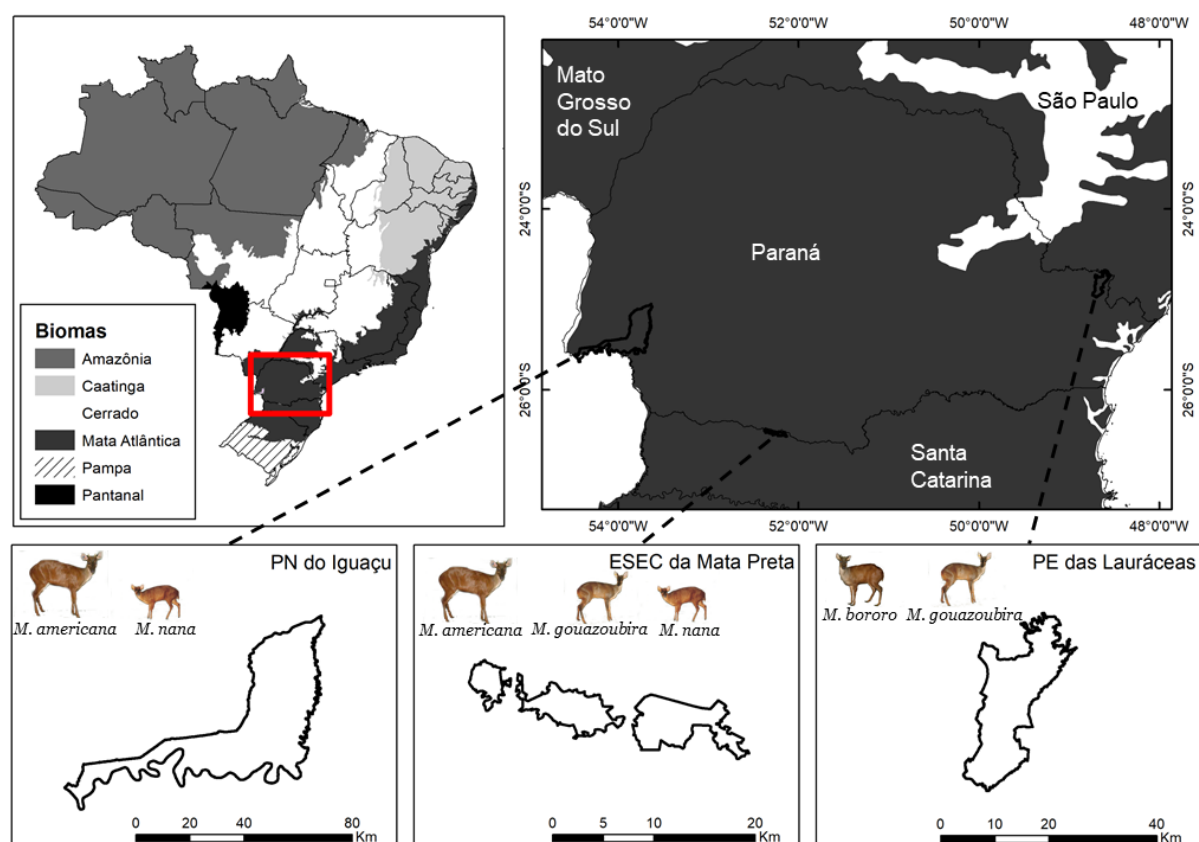


Figura 1. Unidades de Conservação com diferentes composições de espécies *Mazama* onde serão realizados os estudos com amostragens não invasivas de DNA e armadilhas fotográficas para as estimativas de ocupação, coocorrência, densidades populacionais e padrão de atividade.

Armadilhas fotográficas

Cada Unidade de Conservação será amostrada por 50 unidades amostrais (sítios) delimitadas por quadrantes de 100 hectares de área (1000 x 1000 m). No centro de cada quadrante, será posicionado uma armadilha fotográfica (Reconyx HP2W), a qual será posicionada em árvores à uma altura de aproximadamente 30 cm do solo e sem a utilização de iscas para atração dos animais. A escolha dos quadrantes será baseada na logística de campo (acesso) com o objetivo de abranger a maior extensão possível dentro de cada área e a contemplar a maior diversidade fitofisionômica. Vinte e cinco armadilhas fotográficas monitorarão uma Unidade de Conservação por vez ao longo de 60 dias consecutivos. Após esse período, as 25 armadilhas terão as pilhas e cartões de memória trocados e serão reposicionadas em outras 25 localidades para mais 60 dias de amostragem. Posteriormente, as armadilhas serão retiradas e posicionadas em outra Unidade de Conservação para amostragem da mesma forma. Assim, cada Unidade de Conservação será monitorada ao longo de quatro meses e terá um esforço amostral total de aproximadamente 3.000 armadilhas/dia. Todos os equipamentos serão programados para registrar fotos com um segundo de intervalo ao longo das 24 horas do dia e sem tempo de bloqueio entre registros.

Amostragem não invasiva de DNA

As amostragens não invasivas de DNA serão realizadas nas três Unidades de Conservação por meio da coleta de fezes das espécies de *Mazama*. Contudo, as fezes de cervídeos são inconspícuas e se confundem com a serapilheira, além de ser um grande desafio para humanos encontrá-las em campo por meio da visualização (Oliveira et al. 2012). Assim, serão utilizados cães farejadores devidamente treinados para encontrar fezes de todas as espécies de cervídeos brasileiros, metodologia consolidada e bastante confiável para o levantamento de *Mazama* spp. (Duarte et al. 2016; Oliveira et al. 2019, 2020). Em cada Unidade de Conservação, 20 quadrantes (1 x 1 km) serão amostrados com transectos de 1000 metros de extensão cada, sendo o critério de escolha dos quadrantes baseado na logística de acesso e amostragem. O cão trabalhará solto e terá a liberdade de procurar fezes de ambos os lados do transecto. Assim, baseado na amplitude da faixa de busca amostrada pelo cão (Silva et al. 2020), é calculado um esforço médio de 372.000 m² de amostragem para cada Unidade de Conservação.

As fezes coletadas em campo serão armazenadas em tubos plásticos Falcon e armazenadas em freezer em temperatura de -20°C. Todas as amostras terão suas espécies identificadas geneticamente no laboratório de genética molecular do Núcleo de Pesquisa e Conservação de Cervídeos (NUPECCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, São Paulo. A extração do DNA fecal será feita com o kit de extração QIAamp Fast DNA Stool Mini Kit QIAGEN®. Um fragmento de 224 pb do gene mitocondrial citocromo b será amplificado por meio

da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), com iniciadores capazes de amplificar amostras de todas as espécies de cervídeos. Posteriormente, os produtos serão submetidos à hidrólise com as enzimas de restrição SspI, AFLIII e BstN, as quais promovem o corte específico para as espécies de cervídeos não amazônicos (González et al. 2009; Souza et al. 2013). O produto da digestão enzimática será aplicado em gel de agarose e submetido novamente à eletroforese, sendo a identificação da espécie feita por meio da comparação dos tamanhos de bandas.

Covariáveis

Os efeitos das covariáveis na ocupação e na detectabilidade dos cervídeos *Mazama* serão estimados em duas escalas, micro e macro. Na escala micro, em cada ponto de monitoramento de armadilhas fotográficas e de encontro de amostra fecal, serão aferidas cinco covariáveis de hábitat: 1) densidade arbórea (m²/ha), 2) altura de dossel (m), 3) cobertura de dossel (%), 4) densidade horizontal de cobertura vegetal (%) e 5) declividade (°). Com exceção da densidade arbórea, as demais variáveis serão consideradas na escala macro, sendo adquiridas na base de dados da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Essas covariáveis possuem resolução de 30 arc-segundos (~1km) e serão estimadas utilizando o programa ArcGis (ArcMap 10.1 – ESRI). A escolha dessas covariáveis é baseada no conhecimento científico e empírico dos *Mazama* (Vogliotti 2008; Grotta-Neto 2020), permitindo caracterizar ambientes florestais dentro de um gradiente de estágio de sucessão ecológica e degradação, de modo a revelar a heterogeneidade fitofisionômica presente em cada área.

Análises de dados

Ocupação

A ocupação (Ψ) e probabilidade de detecção (p) das espécies de *Mazama* serão estimadas de acordo com a abordagem de Mackenzie e colaboradores (2006), utilizando a ocupação dos sítios como um indicativo do uso do hábitat. Nesse sentido, são esperados 3 possíveis resultados: 1) o local foi ocupado e a espécie foi detectada ($\Psi \times p$); 2) a espécie estava presente, mas não foi detectada ($\Psi \times [1 - p]$); e 3) a espécie não estava presente e não foi detectada ($1 - \Psi$). Dessa forma, será construída uma matriz de detecção com dados binários, indicando se a espécie foi detectada (1) ou não (0).

Inicialmente, serão realizados testes de correlação de Pearson entre as covariáveis de hábitat previamente padronizadas, sendo adotado um valor de corte de $r > 0,6$. Utilizando o modelo *single-season occupancy models*, será avaliado o efeito das cinco covariáveis na ocupação das espécies

de *Mazama*. Quanto a detectabilidade, serão utilizadas três covariáveis: densidade horizontal de cobertura vegetal, declividade e presença de outros *Mazama*, sendo esta última levantada nos registros de cada sítio amostral. Para as armadilhas fotográficas, serão utilizados intervalos de 5 dias de amostragem (Mackenzie and Royle 2005), totalizando um esforço de 12 ocasiões (60 dias de amostragem). Para o DNA fecal, as ocasiões serão consideradas faixas amostrais de 100 m, totalizando 10 ocasiões (1.000 m). Nesse sentido, para ambas ferramentas, será utilizada a estimativa de *maximum likelihood* (Mackenzie et al. 2006), sendo construídos modelos que serão selecionados por hipóteses a priori baseadas em 3 abordagens: 1) considerando a probabilidade de ocupação e detectabilidade constantes para todos os *Mazama* em todos os locais; 2) considerando a variação na ocupação como uma função das covariáveis de hábitat; e 3) considerando a ocupação na detectabilidade como uma função das covariáveis de hábitat. Dessa forma, para as armadilhas fotográficas, os modelos de ocupação e detecção nas escalas micro (covariáveis medidas no campo) serão testadas separadamente da escala macro (covariáveis medidas por georreferenciamento), de modo a avaliar uma possível influência da escala analisada. Para o DNA fecal, dada a variação espacial das amostras, os modelos de ocupação serão avaliados somente na escala macro, sendo as covariáveis medidas no local de encontro das amostras fecais consideradas apenas na detecção.

Todas as estimativas de ocupações e probabilidade de detecção serão realizadas por meio do programa PRESENCE 11.8 (Hines 2006), utilizando 2.000 *bootstraps* para avaliar o ajuste de ajuste (p) e o parâmetro de superdispersão (\hat{c}). Os modelos que testam a influência dos fatores (covariáveis) na ocupação e detecção serão avaliados de acordo com o critério de informação de Akaike — AIC (Akaike 1973), sendo os modelos considerados com o mesmo poder de inferência quando $\Delta AIC < 2$. Neste caso, o melhor modelo será selecionado utilizando o critério de peso Akaike (w), o qual fornece uma interpretação direta das probabilidades de cada modelo ser o melhor.

Coocorrência

As coocorrências serão avaliadas utilizando o modelo *single-season Two-species* (Mackenzie et al. 2006), abordagem a qual permite avaliar as relações ecológicas entre duas espécies, como exclusão competitiva e interação predador-presa (Mackenzie et al. 2004). Utilizando um histórico de captura (presença ou ausência) em cada sítio amostral das armadilhas fotográficas, serão construídos modelos por pares de espécies para avaliar a interação espacial entre as espécies de *Mazama* e entre essas com espécies predadores. Nesse sentido, para testar o efeito dos grandes predadores naturais, as onças pintada e parda (Aranda and Sánchez-Cordero

1996; Novack et al. 2005; Foster et al. 2010) serão consideradas de forma independente nas análises. Para isso, será utilizada a parametrização Ψ^{Ba} (Richmond et al. 2010), a qual fornece oito parâmetros estimáveis: probabilidade da ocupação da espécie dominante (Ψ^A), probabilidade da ocupação da espécie subordinada onde o dominante está presente (Ψ^{BA}) e ausente (Ψ^{Ba}), probabilidade de detecção para a espécie dominante (p^A) e subordinado (p^B) dado que o outro está ausente, probabilidade de detectar a espécie dominante quando ambas estão presentes (r^A) e a probabilidade de detectar a espécie subordinada onde a dominante está presente (p^{BA}) e ausente (p^{Ba}).

Os modelos de interações serão avaliados por parâmetros distintos, como o *species interaction factor* (SIF), o qual é uma medida de interação para avaliar se duas espécies coocorrem de modo independente da presença de outra – sem interferência (SIF = 1), se uma espécie afeta negativamente (possivelmente exclusão competitiva ou evitação) a ocorrência de outra – interferência negativa (SIF < 1) ou se as espécies coocorrem mais frequentemente do que o esperado – interferência positiva (SIF > 1) (Mackenzie et al. 2004). As análises de coocorrência serão feitas utilizando o programa PRESENCE (Hines 2006).

Contudo, tais interações podem ser mediadas ou não pelas características do hábitat. Para controlar este fator, serão comparados modelos puros (sem covariáveis) e modelos que incorporem as covariáveis dos modelos *single-season* que apresentarem maior efeito na ocupação dos *Mazama* dentro dos modelos de coocorrência *single-season Two-species* (Mackenzie et al. 2006). A seleção do melhor modelo será feito utilizando o critério de informação de Akaike (Akaike 1973).

REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Pp. 167–281 in Second international symposium on information theory (B. N. Petrov & F. Csaki, eds.). Academiai Kiado, Budapest, Hungary.
- AMARASEKARE, P. 2009. Competition and coexistence in animal communities. Pp. 196–201 in The Princeton guide to ecology (S. A. Levin, ed.). The Princeton University Press, Princeton, USA.
- ARANDA, M., AND V. SÁNCHEZ-CORDERO. 1996. Prey spectra of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in tropical forests of Mexico. Studies on Neotropical Fauna and Environment 31:65–67.
- BAILEY, L. L., D. I. MACKENZIE, AND J. D. NICHOLS. 2014. Advances and applications of

- occupancy models. *Methods in Ecology and Evolution* 5:1269–1279.
- BLACK-DÉCIMA, P. 2000. Home range, social structure, and scent marking behavior in brown brocket deer (*Mazama gouazoubira*) in a large enclosure. *Mastozoología Neotropical* 7:5–14.
- DUARTE, J. M. B. ET AL. 2016. Scat detection dogs, DNA and species distribution modelling reveal a diminutive geographical range for the Vulnerable small red brocket deer *Mazama bororo*. *Oryx*:1–9.
- DUARTE, J. M. B., S. GONZÁLEZ, AND J. E. MALDONADO. 2008. The surprising evolutionary history of South American deer. *Molecular phylogenetics and evolution* 49:17–22.
- EISENBERG, J. F., AND K. H. REDFORD. 1999. Order Artiodactyla (Even-toed Ungulates). Pp. 332–355 in *Mammals of the Neotropics*. The University of Chicago Press, Chicago.
- FERREGUETTI, Á. C., W. M. TOMÁS, AND H. G. BERGALLO. 2015. Density, occupancy, and activity pattern of two sympatric deer (*Mazama*) in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Mammalogy* 96:1245–1254.
- FERREGUETTI, Á. C., W. M. TOMÁS, AND H. G. BERGALLO. 2017. Density, occupancy, and detectability of lowland tapirs, *Tapirus terrestris*, in Vale Natural Reserve, southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 98:114–123.
- FOSTER, R. J., B. J. HARMSSEN, B. VALDES, C. POMILLA, AND C. P. DONCASTER. 2010. Food habits of sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance. *Journal of Zoology* 280:309–318.
- GONZÁLEZ, S. ET AL. 2009. Identification of the endangered small red brocket deer (*Mazama bororo*) using noninvasive genetic techniques (Mammalia; Cervidae). *Molecular Ecology Resources* 9:754–758.
- GROTTA-NETO, F. 2020. *Ecologia de cervídeos florestais simpátricos na Mata Atlântica*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.
- GROTTA-NETO, F., P. H. F. PERES, U. PIOVEZAN, F. C. PASSOS, AND J. M. B. DUARTE. 2020. Camera Trap Feasibility for Ecological Studies of Elusive Forest Deer. *Wildlife Society Bulletin* 44:640–647.
- HINES, J. E. 2006. PRESENCE2. Software to estimate patch occupancy and related parameters. USGS-PWRC.
- MACKENZIE, D. I., L. L. BAILEY, AND J. D. NICHOLS. 2004. Investigating species co-occurrence patterns when species are detected imperfectly. *Journal of Animal Ecology* 73:546–555.
- MACKENZIE, D. I., J. D. NICHOLS, J. A. ROYLE, K. H. POLLOCK, L. L. BAILEY, AND J. E. HINES. 2006. *Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species*

- Occurrence. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- MACKENZIE, D. I., AND J. A. ROYLE. 2005. Designing occupancy studies: General advice and allocating survey effort. *Journal of Applied Ecology* 42:1105–1114.
- MYERS, N., G. A. B. FONSECA, R. A. MITTERMEIER, G. A. B. FONSECA, AND J. KENT. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–8.
- NOVACK, A. J., M. B. MAIN, M. E. SUNQUIST, AND R. F. LABISKY. 2005. Foraging ecology of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *Journal of Zoology* 267:167–178.
- OLIVEIRA, M. L., H. T. Z. COUTO, AND J. M. B. DUARTE. 2019. Distribution of the elusive and threatened Brazilian dwarf brocket deer refined by non-invasive genetic sampling and distribution modelling. *European Journal of Wildlife Research* 65.
- OLIVEIRA, M. L., D. NORRIS, J. F. M. RAMÍREZ, P. H. F. PERES, M. GALETTI, AND J. M. B. DUARTE. 2012. Dogs can detect scat samples more efficiently than humans: an experiment in a continuous Atlantic Forest remnant. *Zoologia (Curitiba)* 29:183–186.
- OLIVEIRA, M. L., P. H. F. PERES, A. GATTI, J. A. MORALES-DONOSO, P. R. MANGINI, AND J. M. B. DUARTE. 2020. Faecal DNA and camera traps detect an evolutionarily significant unit of the Amazonian brocket deer in the Brazilian Atlantic Forest. *European Journal of Wildlife Research* 66.
- PIANKA, E. R. 1994. Competition. P. 486 in *Evolutionary Ecology* (E. R. Pianka, ed.). 5th edition. HarperCollins College, New York.
- PUTMAN, R. J. 1988. *The natural history of deer*. Christopher Helm, London.
- PUTMAN, R. J. 1996. *Competition and resource partitioning in temperate ungulate assemblies*. Chapman & Hall, London.
- RICHMOND, O. M. W., J. E. HINES, AND S. R. BEISSINGER. 2010. Two-species occupancy models: A new parameterization applied to co-occurrence of secretive rails. *Ecological Applications* 20:2036–2046.
- RIVERO, K., D. I. RUMIZ, AND A. B. TABER. 2005. Differential habitat use by two sympatric brocket deer species (*Mazama gouazoubira* and *Mazama americana*) in a seasonal Chiquitano forest of Bolívia. *Mammalia* 69:169–183.
- RODRIGUES, T. F. ET AL. 2017. Managed forest as habitat for gray brocket deer (*Mazama gouazoubira*) in agricultural landscapes of southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 98:1301–1309.
- ROLL, U., T. DAYAN, AND N. KRONFELD-SCHOR. 2006. On the role of phylogeny in determining activity patterns of rodents. *Evolutionary Ecology* 20:479–490.

- SCHOENER, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- SILVA, A. R., M. L. OLIVEIRA, AND J. M. B. DUARTE. 2020. Incorporating the sampling effectiveness of detection dogs in the faecal standing crop method. *European Journal of Wildlife Research*:1–5.
- VOGLIOTTI, A. 2003. História natural de *Mazama bororo* (Artiodactyla; Cervidae) através da etnozootologia, monitoramento fotográfico e rádio-telemetria. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada):99.
- VOGLIOTTI, A. 2008. Partição de habitats entre os cervídeos do Parque Nacional do Iguaçu. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- WEBB. 2000. Exploring the Phylogenetic Structure of Ecological Communities: An Example for Rain Forest Trees. *The American Naturalist* 156:145–155.
- WEBB, C. O., D. D. ACKERLY, M. A. MCPEEK, AND M. J. DONOGHUE. 2002. Phylogenies and Community Ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33:475–505.
- ZAPATA-RÍOS, G., AND L. C. BRANCH. 2018. Mammalian carnivore occupancy is inversely related to presence of domestic dogs in the high Andes of Ecuador. *PLoS ONE* 13.



ePROTOCOLO



Documento: **ProjetodePesquisa_FGN.pdf**.

Assinatura Simples realizada por: **Francisco Grotta Neto** em 17/11/2021 18:49.

Inserido ao protocolo **18.326.177-0** por: **Francisco Grotta Neto** em: 17/11/2021 18:49.



Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021.

A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço:
<https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarAssinatura> com o código:
18d606c747876a2a0de596261968b767.