

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 22/11/2024.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM, DO HISTÓRICO DE
PERTURBAÇÃO, DA QUALIDADE DA VEGETAÇÃO E DE VARIÁVEIS
AMBIENTAIS SOBRE A OCORRÊNCIA DOS SAUÁS NA MATA ATLÂNTICA,
BRASIL**

ARON SILVAROLLI FERNANDES

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM, DO HISTÓRICO DE
PERTURBAÇÃO, DA QUALIDADE DA VEGETAÇÃO E DE VARIÁVEIS
AMBIENTAIS SOBRE A OCORRÊNCIA DOS SAUÁS NA MATA ATLÂNTICA,
BRASIL**

ARON SILVAROLLI FERNANDES

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia, Evolução e Biodiversidade.

Orientador: Milton Cezar Ribeiro
Coorientadora: Lisieux Franco Fuzessy

F363i Fernandes, Aron Silvarolli

Influência da estrutura da paisagem, do histórico de perturbação, da qualidade da vegetação e de variáveis ambientais sobre a ocorrência dos sauás na Mata Atlântica, Brasil / Aron Silvarolli Fernandes. -- Rio Claro, 2024

49 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Milton Cezar Ribeiro

Coorientadora: Lisieux Franco Fuzessy

1. Ecologia da paisagem. 2. Primatas. 3. Callicebus nigrifrons. 4. Biologia da conservação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Impacto potencial desta pesquisa

Este trabalho pretende contribuir com o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 15 (Vida Terrestre), que visa proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerenciar florestas de forma sustentável, combater a desertificação e deter e reverter a degradação da terra. Destaca-se também, a importância de prevenir a perda de biodiversidade freando a extinção de espécies animais. Isso implica em implementar medidas de conservação específicas para proteger as espécies. Os registros de ocorrência de espécies ajudam a monitorar a biodiversidade. Isso é fundamental para entender as mudanças nas populações de animais ao longo do tempo e identificar áreas críticas para conservação. Portanto, fornecemos dados valiosos que podem apoiar os esforços de conservação e manejo sustentável da espécie.

Potential impact of this research

This work aims to contribute to Sustainable Development Goal 15 (Life on Land), which seeks to protect, restore, and promote the sustainable use of terrestrial ecosystems, manage forests sustainably, combat desertification, and halt and reverse land degradation. It also emphasizes the importance of preventing biodiversity loss by curbing the extinction of animal species. This entails implementing specific conservation measures to protect these species. Species occurrence records help monitor biodiversity, which is crucial for understanding changes in animal populations over time and identifying critical areas for conservation. Therefore, we provide valuable data that can support conservation efforts and sustainable species management.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM, DO HISTÓRICO DE PERTURBAÇÃO, DA QUALIDADE DA VEGETAÇÃO E DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS SOBRE A OCORRÊNCIA DOS SAUÁS NA MATA ATLÂNTICA, BRASIL


AUTOR: ARON SILVAROLLI FERNANDES

ORIENTADOR: MILTON CEZAR RIBEIRO


COORIENTADORA: LISIEUX FRANCO FUZESSY

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MILTON CEZAR RIBEIRO (Participação Presencial)
Departamento de Biodiversidade / Unesp - IB Rio Claro

Documento assinado digitalmente
 **MILTON CEZAR RIBEIRO**
Data: 04/12/2023 17:52:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. FABIANO RODRIGUES DE MELO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Florestal / Universidade Federal de Viçosa

Documento assinado digitalmente
 **FABIANO RODRIGUES DE MELO**
Data: 04/12/2023 15:48:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. MÍRIAM PLAZA PINTO (Participação Virtual)
Departamento de Ecologia / Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente
 **MIRIAM PLAZA PINTO**
Data: 04/12/2023 11:30:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rio Claro, 22 de novembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar, aos meus pais, Silvana e Esmael. Sem eles, nada seria possível, portanto, obrigado por todo apoio incondicional que sempre me deram durante toda minha vida. Sou grato também a minha família por todo o apoio que sempre me deram nesses anos.

Agradeço a minhas amigadas por todo o apoio, pelas risadas, pela companhia e pela parceria neste período de mestrado, sou muito grato a todos os momentos que tivemos juntos, especialmente a Aya, Catarina, Fernanda, Francielli, Julia e Victória. Agradeço também a minha namorada Júlia Faria pela companhia, suporte, carinho e amor durante esse tempo.

Um outro grande agradecimento para todas as pessoas do Laboratório de Ecologia de Espacial e Conservação que auxiliaram na coleta de dados e fizeram companhia nos campos: Ananda, Franciane, Fulbert, Jean, Juliana, Sandy, Tainá, Viviane e Urucum.

Gostaria também de gratificar meus orientadores, Miltinho e Lica, que foram essenciais para o desenvolvimento desse trabalho e ao meu desenvolvimento como cientista. Também agradecer a todas as outras pessoas que me auxiliaram com o andamento da minha pesquisa, Carla, Felipe e Maurício.

Agradeço também ao processo nº 2013/50421-2, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); processo nº 2020/01779-5, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); processo nº 2021/08322-3, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); processo nº 2021/08534-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); processo nº 2021/10195-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); processo nº 2021/10639-5, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); processo nº 2022/10760-1, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processos #442147/2020-1; #440145/2022-8; #402765/2021-4; #313016/2021-6; #440145/2022-8), e à UNESP pelo suporte financeiro ao projeto. Este estudo contou com a colaboração de infraestrutura e apoio da Rádio Observatório Pierre Kaufmann, localizada na cidade de Atibaia, São Paulo. A Rádio Observatório Pierre Kaufmann é uma instituição mantida e operada pela Universidade Presbiteriana Mackenzie por meio do Centro Mackenzie de

Radioastronomia e Astrofísica (CRAAM) em colaboração com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Agradecemos gentilmente ao Guilherme Alaia por todo o apoio que dá à equipe do PELD CCM. Este estudo é parte do *Center for Research on Biodiversity Dynamics and Climate Change*, o qual é financiado pela FAPESP. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

As atividades humanas estão entre as principais ameaças à biodiversidade, especialmente para espécies arborícolas especializadas em florestas, como os sauás (família Pitheciidae). Estudos recentes demonstraram que a perda de habitat devido à fragmentação florestal e a baixa qualidade da vegetação influenciam negativamente a ocorrência de espécies. Porém, a maior parte desses estudos testaram os efeitos dos fatores que afetam a ocorrência das espécies separadamente. Sendo assim, como um avanço no conhecimento, testamos, isoladamente e conjuntamente, a influência da estrutura da paisagem, qualidade da vegetação, histórico de perturbação e de fatores ambientais na ocorrência de sauás (*Callicebus nigrifrons*). O estudo foi realizado no Corredor Cantareira-Mantiqueira da Mata Atlântica. Pesquisamos a ocorrência dos sauás em 72 sítios utilizando a metodologia de playback. Para aferir o efeito das métricas sobre a ocorrência dos sauás, ranqueamos nossos modelos pelo poder de explicação, e encontramos que a cobertura florestal (250m) em conjunto com a altitude, compôs o melhor modelo para explicar a presença dos animais nos fragmentos. As variáveis de conectividade funcional e do Índice de Integridade da Paisagem Florestal (FLII) tiveram importância secundária. A variável do histórico de perturbação pelo fogo (utilizando a área média queimada nos últimos 20 anos em um raio de 500m), parece não ter importância para prever a ocorrência dos sauás. Nossos resultados mostram que remanescentes florestais em grandes altitudes são importantes para a conservação dos sauás, além de corroborar outros estudos do gênero que relacionam a cobertura florestal à maior presença de primatas. O nosso trabalho tem o potencial de ajudar na conservação da espécie *Callicebus nigrifrons*, que está classificada como Quase Ameaçada na Lista Vermelha da IUCN.

Palavras-chave: Ecologia de paisagem; primatas; *Callicebus nigrifrons*; biologia da conservação

ABSTRACT

Human activities are among the main threats to biodiversity, especially for species specialized in forests, such as titi monkeys (subfamily Callicebinae). Recent studies have shown that habitat loss due to forest fragmentation and low vegetation quality negatively influence species occurrence. However, most of these studies tested the effects of factors affecting species occurrence separately. Therefore, as a step forward, we tested, individually and in combination, the influence of landscape structure, vegetation quality, disturbance history and environmental factors on the occurrence of titi monkeys belonging to the species *Callicebus nigrifrons*. The study was conducted in the Cantareira-Mantiqueira corridor of the Atlantic Forest. We investigated the occurrence of titi monkeys in 72 sites using reproductive stimuli through the playback methodology. To assess the impact of metrics on the occurrence of black-fronted titi monkeys, we ranked our models based on their explanatory power. We found that the combination of forest cover (250m) and altitude constituted the most effective model for explaining the presence of these animals in the fragments. The functional connectivity variables and the Forest Landscape Integrity Index (FLII) were deemed of secondary importance. Furthermore, the variable related to fire disturbance history (average area burned in the last 20 years within a radius of 500m) appears to have no significance in predicting the occurrence of black-fronted titi monkeys. Our results show that forest remnants at high altitudes are important for the conservation of titi monkeys, in addition to corroborating other studies that link forest cover to a greater presence of primates. We hope that our work will help in conservation efforts for the species *Callicebus nigrifrons*, which is classified as Near Threatened on the IUCN Red List.

Keywords: landscape ecology; primates; *Callicebus nigrifrons*; conservation biology

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS	14
3 ESPÉCIE DE ESTUDO.....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Área de estudo	18
4.2.1 <i>Análise das Paisagens.....</i>	20
4.2.2 <i>Qualidade da Vegetação.....</i>	21
4.2.3 <i>Histórico de Perturbação.....</i>	21
4.2.4 <i>Altitude.....</i>	22
4.3 Coleta de dados	22
4.4 Análise de dados	23
5 RESULTADOS	25
5.1 Variáveis individuais.....	25
5.1.1 <i>Cobertura florestal.....</i>	25
5.1.2 <i>Conectividade funcional.....</i>	26
5.1.3 <i>Índice de Integridade da Paisagem Florestal.....</i>	27
5.1.4 <i>Histórico de perturbação</i>	28
5.1.5 <i>Altitude.....</i>	29
5.2 Modelos concorrentes.....	30
6 DISCUSSÃO	33
7 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
APÊNDICE A – TABELA DE CAMPO	46
APÊNDICE B - TESTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS TESTADAS	49
APÊNDICE C - SIMULAÇÃO DE MONTE-CARLO DE MORAN I.....	50

1 INTRODUÇÃO

O efeito de atividades humanas, como, por exemplo, a transformação de habitats naturais devido ao uso da terra para agricultura e pecuária e a rápida urbanização alteram a paisagem original, possivelmente diminuindo a quantidade e qualidade dos recursos vitais para a manutenção da biodiversidade (Metzger et al. 2009). Dentre as diversas consequências dessas atividades, destaca-se a perda de habitat, um processo que afeta o ecossistema (Martensen et al., 2012; Pardini et al., 2009) e que pode influenciar uma variedade de respostas ecológicas, incluindo movimento animal (Fahrig, 2007), interações entre espécies (Polis et al. 2004) e funções ecológicas (Lovett et al. 2005). Em geral, paisagens antropizadas experimentam variados históricos de perturbação que provocam variação da quantidade de habitat, tamanho e isolamento das manchas, conectividade e qualidade do habitat. Fatores que impactam a ocorrência de espécies e suas densidades populacionais (Benchimol e Peres, 2013).

Sabe-se que a perda de habitat é um dos principais processos causadores da diminuição de biodiversidade (Newbold et al., 2016). Devido a esta perda, as espécies de animais dependentes de formações florestais estão cada vez mais obrigadas a habitar paisagens modificadas pelo homem. Nestes casos, a porção de floresta remanescente está inserida em uma matriz de cobertura antrópica que nem sempre tem a capacidade de sustentar as espécies florestais (Watling et al. 2011; Galan-Acedo et al. 2019a; Hendershot et al., 2020). As espécies mais afetadas pelas alterações da paisagem são as que necessitam de florestas mais conservadas para realizar suas atividades básicas, pois os recursos oferecidos pela matriz circundante podem não ser suficientes (Henle et al. 2004). Dentre as espécies que dependem fortemente das formações florestais, encontram-se 94% dos primatas não humanos do mundo (Galan-Acedo et al. 2019b) e, levando em consideração todos os primatas não humanos, aproximadamente 60% das espécies estão ameaçadas de extinção, e as principais causas estão relacionadas a perda de hábitat: mudança do uso do solo por atividades agrícolas e corte e retirada de madeira (Estrada et al., 2017). Entretanto, as consequências de paisagens modificadas sobre as espécies precisam ser mais bem compreendidas, particularmente para essas espécies com alta dependência florestal.

No caso específico dos primatas neotropicais, em sua maioria especialistas florestais, sua susceptibilidade à perda de habitat é bastante reconhecida (Sales et al., 2015; Pozo-Montuy et al., 2011). A falta de estruturas arbóreas muitas vezes afeta diretamente o forrageamento, descanso e reprodução desses animais (Chapman & Peres, 2001; Pontes & Soares, 2005). Além disso, há ainda efeitos negativos para a dispersão e frugivoria, processos ecológicos nos quais essas espécies estão envolvidas (Chapman & Oederdonk, 1998; Dew & Wright, 1998). Esses efeitos impactam a estrutura, composição e viabilidade de toda a comunidade associada a esses processos (Chapman, 1996; Bueno et al., 2013). Portanto, é importante entender quais fatores influenciam a ocorrência dos primatas, pois sua presença pode estar relacionada não só ao tamanho e ao isolamento do fragmento (Wieczkowski, 2004), mas também a quantidade de habitat remanescente, além de outros elementos onde tais remanescentes estão inseridos - incluindo conectividade, cobertura florestal, integridade florestal, qualidade da estrutura do habitat e de variáveis ambientais (Benchimol e Peres, 2013; da Silva et al. 2015; Galán-Acedo et al., 2019b; Grantham et al., 2020; Gestich et al. 2019; Wilians et al., 2021).

Uma combinação de clima, topografia e solo são determinantes primários da distribuição das plantas, por exemplo, de modo que variáveis como estrutura da vegetação e produtividade exibem padrões complexos em regiões mais altas (Brown, 2001), e estes são fatores que podem afetar diretamente a distribuição de espécies de primatas neotropicais. Portanto, variáveis ambientais, como o relevo, também podem ser decisivas para a presença de primatas neotropicais, como os de gêneros *Callicebus* (Hilário, 2013). Consequentemente, os modelos de distribuição de espécies são afetados por fatores abióticos e bióticos (Bannar-Martin 2014; Pavoine et al. 2011). Desta forma, as condições ambientais atuais e históricas também são importantes preditores da estrutura e distribuição da comunidade de primatas, embora a importância relativa destas variáveis varie entre regiões e espécies (Beaudrot e Marshall 2019; Korstjens et al. 2018). Beaudrot e Marshall (2019) observaram que a altitude era uma das principais variáveis para explicar a semelhança das comunidades de primatas nas florestas tropicais africanas. No caso da Mata Atlântica, a altitude ainda pode influenciar nas características e na quantidade de floresta presente uma vez que as altitudes mais elevadas da região são historicamente mais preservadas e intactas em termos de vegetação (Silva et al., 2007), configurando-se como um fator que pode determinar a maior presença de primatas em regiões de maior altitude.

Outras variáveis ambientais, como temperatura e precipitação, também podem afetar a dinâmica do fogo na região da Mata Atlântica (Singh e Huang, 2022), outro fator que pode ser prejudicial à ocorrência de primatas nesta região.

A perturbação pelo fogo é outro aspecto importante que pode influenciar a ocorrência de primatas na região. Em áreas compostas por paisagens voltadas à agropecuária, o fogo pode ser utilizado pela população local para limpeza de pastagem (removendo vegetação indesejada) e preparo do terreno para agricultura (para limpar áreas antes do plantio) (Jacques, 2003; Goldammer, 2017). Em muitos casos esse fogo pode espalhar para as áreas de mata e causar danos à vegetação nativa. Estes focos de incêndio podem afetar a fauna local diretamente (embora em menor grau) e indiretamente (através da perda de habitat). Portanto, o efeito do fogo depende principalmente da mobilidade das espécies estudadas (Frizzo et al., 2011; Cochrane, 2002). A Mata Atlântica é extremamente suscetível ao fogo, pois perturba processos ecológicos, destrói árvores e ameaça espécies não adaptadas a esses distúrbios (Hardesty et al., 2005). Por isso, a importância de considerar o histórico de perturbação local (com base em focos de incêndio) como um fator para explicar os padrões de ocorrência de espécies dependentes da floresta em áreas perturbadas, o que pode ser o caso dos sauás na Mata Atlântica.

O histórico do local, os distúrbios antropogênicos e as características de história de vida também podem influenciar a persistência desses primatas em manchas de florestas neotropicais (Benchimol e Peres, 2013). A qualidade do habitat, utilizando como parâmetro a idade da floresta, demonstrou ser um bom proxy para a ocupação de primatas do gênero *Callicebus* (por exemplo Costa-Araújo et al., 2021). Outros aspectos locais que também podem influenciar a presença de primatas incluem a disponibilidade de alimento, composição florística e a estratificação florestal (Kasecker, 2006). Carretero-Pizon e colaboradores (2017), por exemplo, encontraram que a presença de árvores frutíferas influenciou positivamente a abundância de primatas do gênero *Callicebus*. A integridade da floresta pode ser outro fator importante para prever a biodiversidade, como demonstrado em outros estudos, associando florestas mais intactas a maior biodiversidade, podendo ser útil para explicar a ocorrência de primatas (Gibson et al., 2011; Betts et al., 2017).

Os primatas do gênero *Callicebus* são comumente conhecidos como sauás ou guigós e sua ocorrência pode ser utilizada como modelo para testar a persistência em resposta às mudanças da paisagem, pois estes animais habitam regiões

altamente exploradas e povoadas do Brasil, principalmente no bioma da Mata Atlântica. A espécie alvo do estudo, *Callicebus nigrifrons*, habita a região sudeste do Brasil (com exceção do Espírito Santo) (Byrne et al., 2016). Essa espécie possui uma dieta predominantemente frugívora, complementada por folhas, e variação sazonal bem-marcada em sua dieta, aumentando o consumo de outros itens em épocas de seca (Caselli e Setz, 2011); vivem em pequenos grupos familiares contendo entre 2 e 6 indivíduos (Bicca-Marques & Heymann, 2013) e são primatas de pequeno porte (massa corporal adulta < 1,5 kg). Esses primatas também dispõem de um repertório vocal complexo (Müller e Anzenberg, 2002) e demonstram propensão para responder vocalmente aos estímulos de reprodução por meio de playbacks (Gestich et al. 2019). E, assim como outras espécies de primatas neotropicais, são especialistas-arborícolas e diretamente afetados pelo desmatamento (Sales et al., 2015).

Devido a perda de habitat, fragmentação florestal e processos associados serem apontadas como os principais determinantes em efeitos negativos sobre os sauás (ver Arroyo-Rodríguez et al., 2016; Costa-Araújo et al., 2021), acredita-se que, a partir de variáveis de paisagem - p.ex. a cobertura florestal, conectividade funcional - podemos estimar a probabilidade de ocorrência desses primatas florestais em paisagens fragmentadas. Dessa forma, investigar quais atributos da paisagem, em conjunto com a qualidade da vegetação, histórico de perturbação pelo fogo e variáveis ambientais, contribuem para a estimativa da probabilidade de ocorrência de *Callicebus nigrifrons*.

7 CONCLUSÃO

Nossas descobertas corroboram em grande parte nossas previsões visto que todas as métricas testadas, exceto o histórico de distúrbios de incêndio, afetaram significativamente a ocorrência de sauás. No entanto, quando classificadas em nossos modelos, o FLII e as variáveis de conectividade funcional mostraram ter importância secundária em relação à cobertura florestal e a altitude. Nosso estudo demonstra o poder da variável cobertura florestal, principalmente em regiões de alta altitude, pois, apesar de apresentar aparente plasticidade em lidar com ambientes perturbados, a quantidade de floresta continua sendo o fator mais importante para a ocorrência dos sauás. Este estudo tem como objetivo fornecer informações valiosas sobre a complexa relação entre perda de habitat, fragmentação e a ocorrência de uma espécie de primata neotropical. Esperamos que seja de grande utilidade como base na tomada de decisões com o intuito de preservar as espécies da Mata Atlântica brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANKEL-SIMONS, Friderun. **Primate anatomy: an introduction**. Elsevier, 2010.
- AQUINO, Rolando et al. Geographic distribution and possible taxonomic distinction of *Callicebus torquatus* populations (Pitheciidae: Primates) in Peruvian Amazonia. **American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists**, v. 70, n. 12, p. 1181-1186, 2008.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, Víctor et al. Landscape composition is more important than landscape configuration for phyllostomid bat assemblages in a fragmented biodiversity hotspot. **Biological Conservation**, v. 198, p. 84-92, 2016.
- BANNAR-MARTIN, Katherine H. Primate and nonprimate mammal community assembly: The influence of biogeographic barriers and spatial scale. **International Journal of Primatology**, v. 35, p. 1122-1142, 2014.
- BEAUDROT, Lydia; MARSHALL, Andrew J. Differences among regions in environmental predictors of primate community similarity affect conclusions about community assembly. **Journal of Tropical Ecology**, v. 35, n. 2, p. 83-90, 2019.
- BENCHIMOL, Maíra; PERES, Carlos A. Anthropogenic modulators of species–area relationships in Neotropical primates: a continental-scale analysis of fragmented forest landscapes. **Diversity and Distributions**, v. 19, n. 11, p. 1339-1352, 2013.
- BETTS, Matthew G. et al. Global forest loss disproportionately erodes biodiversity in intact landscapes. **Nature**, v. 547, n. 7664, p. 441-444, 2017.
- BICCA-MARQUES, J. C.; HEYMANN, E. W. Ecology and behavior of titi monkeys (genus *Callicebus*). **CAMBRIDGE STUDIES IN BIOLOGICAL AND EVOLUTIONARY ANTHROPOLOGY**, v. 1, n. 65, p. 196-207, 2013.
- Bivand R, Wong D (2018). Comparing implementations of global and local indicators of spatial association. *_TEST_*, *27*(3), 716-748. doi:10.1007/s11749-018-0599-x <<https://doi.org/10.1007/s11749-018-0599-x>>.
- BOLKER, Ben; BOLKER, Maintainer Ben. Package 'bbmle'. **Tools for General Maximum Likelihood Estimation**, v. 641, 2017.
- BRESSAN, Paulo Magalhães; KIERULFF, Maria Cecília Martins; SUGIEDA, Angélica Midori. Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo. **São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente**, 2009.
- BROWN, James H. Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 10, n. 1, p. 101-109, 2001.
- BUENO, Rafael S. et al. Functional redundancy and complementarities of seed dispersal by the last neotropical megafrugivores. **PloS one**, v. 8, n. 2, p. e56252, 2013.

BURNHAM, Kenneth P.; ANDERSON, David R. A practical information-theoretic approach. **Model selection and multimodel inference**, v. 2, p. 70-71, 2002.

BYRNE, Hazel et al. Phylogenetic relationships of the New World titi monkeys (*Callicebus*): first appraisal of taxonomy based on molecular evidence. **Frontiers in zoology**, v. 13, n. 1, p. 1-26, 2016.

CARRETERO-PINZON, Xyomara et al. The influence of landscape relative to site and patch variables on primate distributions in the Colombian Llanos. **Landscape Ecology**, v. 32, n. 4, p. 883-896, 2017.

CASELLI, C. B.; SETZ, E. Z. Seasonality in long calls by titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in the Atlantic forest of southeast Brazil. In: **American Journal of Primatology**. DIV JOHN WILEY & SONS INC, 111 RIVER ST, HOBOKEN, NJ 07030 USA: WILEY-LISS, 2007. p. 96-97.

CASELLI, Christini Barbosa; SETZ, Eleonore Zулnara Freire. Feeding ecology and activity pattern of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in a semideciduous tropical forest of southern Brazil. **Primates**, v. 52, n. 4, p. 351-359, 2011.

CHAPMAN, Colin A. Primate seed dispersal: coevolution and conservation implications. **Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews**, v. 4, n. 3, p. 74-82, 1995.

CHAPMAN, Colin A.; ONDERDONK, Daphne A. Forests without primates: primate/plant codependency. **American Journal of primatology**, v. 45, n. 1, p. 127-141, 1998.

CHAPMAN, Colin A.; PERES, Carlos A. Primate conservation in the new millennium: the role of scientists. **Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews**, v. 10, n. 1, p. 16-33, 2001.

COCHRANE, Mark A. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421, n. 6926, p. 913-919, 2003.

COSTA-ARAÚJO, RODRIGO et al. Occurrence and conservation of the vulnerable titi monkey *Callicebus melanochir* in fragmented landscapes of the Atlantic forest hotspot. **Oryx**, v. 55, n. 6, p. 916-923, 2021.

DA SILVA, Lucas Goulart et al. Patch size, functional isolation, visibility and matrix permeability influences Neotropical primate occurrence within highly fragmented landscapes. **PLoS One**, v. 10, n. 2, p. e0114025, 2015.

DEW, J. Lawrence; WRIGHT, Patricia. Frugivory and Seed Dispersal by Four Species of Primates in Madagascar's Eastern Rain Forest 1. **Biotropica**, v. 30, n. 3, p. 425-437, 1998.

DE SOUSA E SILVA JUNIOR, J.; FIGUEIREDO-READY, W. M. B.; FERRARI, S. F. Taxonomy and geographic distribution of the Pitheciidae. **CAMBRIDGE STUDIES IN**

BIOLOGICAL AND EVOLUTIONARY ANTHROPOLOGY, v. 1, n. 65, p. 31-42, 2013.

ECKERT, Roger et al. **Animal physiology: mechanisms and adaptations**. WH Freeman & Co., 1988.

EISENBERG, John F.; REDFORD, Kent H. **Mammals of the Neotropics, Volume 3: Ecuador, Bolivia, Brazil**. University of Chicago Press, 1989.

ESTRADA, Alejandro et al. Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. **Science advances**, v. 3, n. 1, p. e1600946, 2017.

FAHRIG, Lenore. Non-optimal animal movement in human-altered landscapes. **Functional ecology**, v. 21, n. 6, p. 1003-1015, 2007.

FARR, Tom G. et al. The shuttle radar topography mission. **Reviews of geophysics**, v. 45, n. 2, 2007.

FRIZZO, Tiago LM et al. Uma revisão dos efeitos do fogo sobre a fauna de formações savânicas do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 2, p. 365-379, 2011.

GALÁN-ACEDO, Carmen et al. Ecological traits of the world's primates. **Scientific Data**, v. 6, n. 1, p. 1-5, 2019a.

GALÁN-ACEDO, Carmen et al. The conservation value of human-modified landscapes for the world's primates. **Nature communications**, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2019b.

GALÁN-ACEDO, Carmen et al. A global assessment of primate responses to landscape structure. **Biological Reviews**, v. 94, n. 5, p. 1605-1618, 2019c.

GALÁN-ACEDO, Carmen; ARROYO-RODRÍGUEZ, Víctor; CHAPMAN, Colin A. Beyond patch size: The impact of regional context and habitat quality on three endangered primates. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 2, p. 207-215, 2021.

GESTICH, Carla Cristina et al. Influence of landscape attributes on occurrence of primates and density of *Callicebus nigrifrons* in the northeast of São Paulo State, Brazil: Influência de atributos da paisagem na ocorrência de primatas e densidade de *Callicebus nigrifrons* no nordeste do Estado de São Paulo. 2016.

GESTICH, Carla C. et al. Unraveling the scales of effect of landscape structure on primate species richness and density of titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*). **Ecological Research**, v. 34, n. 1, p. 150-159, 2019.

GIBSON, Luke et al. Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 378-381, 2011.

GIRAUDOUX, Patrick. Spatial analysis and data mining for field ecologists [R Package Pgirmess Version 1.6. 9]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). 2018.

GOLDAMMER, Johann Georg; CENTER, Global Fire Monitoring. Fire management in tropical forests. **An Introduction for Students of Forest Sciences of the Regional Fire Management Resource. United Nations University (UNU), Freiburg, 2017.**

GRANTHAM, H. S. et al. Anthropogenic modification of forests means only 40% of remaining forests have high ecosystem integrity. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2020.

HARDESTY, Jeff; MYERS, Ron; FULKS, Wendy. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. In: **The George Wright Forum**. George Wright Society, 2005. p. 78-87.

HENDERSHOT, J. Nicholas et al. Intensive farming drives long-term shifts in avian community composition. **Nature**, v. 579, n. 7799, p. 393-396, 2020.

HENLE, Klaus et al. Predictors of species sensitivity to fragmentation. **Biodiversity & Conservation**, v. 13, n. 1, p. 207-251, 2004.

HERSHKOVITZ, Philip. Origin, speciation, and distribution of South American titi monkeys, genus *Callicebus* (Family Cebidae, Platyrrhini). **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, p. 240-272, 1988.

HERSHKOVITZ, Philip. Titis, new world monkeys of the genus *Callicebus* (Cebidae, Platyrrhini): a preliminary taxonomic review. 1990.

HESSELBARTH, Maximilian HK et al. landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, v. 42, n. 10, p. 1648-1657, 2019.

HILÁRIO, Renato Richard et al. Determinantes ambientais da densidade de *Callicebus coimbrai* em fragmentos florestais no nordeste brasileiro e implicações para a sua conservação. 2013.

JACKSON, Heather Bird; FAHRIG, Lenore. Are ecologists conducting research at the optimal scale?. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 1, p. 52-63, 2015.

JACQUES, Aino Victor Avila. A queima das pastagens naturais: efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, v. 33, p. 177-181, 2003.

JERUSALINSKY, L.; SOUZA-ALVES, J.; FERRARI, S. *Callicebus nigrifrons*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e. T39954A17972422. 2020.

KASECKER, Thaís Pacheco. Efeito da estrutura do hábitat sobre a riqueza e composição de comunidades de primatas da RDS Piagaçu-Purus, Amazônia Central, Brasil. 2006.

KINZEY, Warren G.; BECKER, Marlise. Activity pattern of the masked titi monkey, *Callicebus personatus*. **Primates**, v. 24, n. 3, p. 337-343, 1983.

KORSTJENS, Amanda H.; LEHMANN, Julia; DUNBAR, Robin IM. Time constraints do not limit group size in arboreal guenons but do explain community size and distribution patterns. **International Journal of Primatology**, v. 39, p. 511-531, 2018.

LAWLER, Richard R. et al. The locomotor behavior of *Callicebus brunneus* and *Callicebus torquatus*. **Folia Primatologica**, v. 77, n. 3, p. 228-239, 2006.

LOVETT, Gary M. et al. Ecosystem function in heterogeneous landscapes. In: **Ecosystem function in heterogeneous landscapes**. Springer, New York, NY, 2005. p. 1-4.

MAGIOLI, Marcelo et al. Thresholds in the relationship between functional diversity and patch size for mammals in the Brazilian Atlantic Forest. **Animal Conservation**, v. 18, n. 6, p. 499-511, 2015.

MAGIOLI, Marcelo et al. Connectivity maintain mammal assemblages functional diversity within agricultural and fragmented landscapes. **European journal of wildlife research**, v. 62, n. 4, p. 431-446, 2016.

MARSH, Christopher et al. Effects of fragment and vegetation structure on the population abundance of *Ateles hybridus*, *Alouatta seniculus* and *Cebus albifrons* in Magdalena Valley, Colombia. **Folia Primatologica**, v. 87, n. 1, p. 17-30, 2016.

MARTENSEN, Alexandre Camargo et al. Associations of forest cover, fragment area, and connectivity with neotropical understory bird species richness and abundance. **Conservation Biology**, v. 26, n. 6, p. 1100-1111, 2012.

MARTINS, Milene Moura. Density of primates in four semi-deciduous forest fragments of São Paulo, Brazil. **Biodiversity & Conservation**, v. 14, p. 2321-2329, 2005.

METZGER, Jean Paul et al. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1166-1177, 2009.

MITTERMEIER, Russell A.; WILSON, Don E. **Handbook of the mammals of the world**: Vol. 3: Primates. 2013.

MEIRELES, Leonardo Dias; SHEPHERD, George John; KINOSHITA, Luiza Sumiko. Variations in floristic and phytosociological structure of an upper montane forest in Mantiqueira Range, Monte Verde, MG. **Brazilian Journal of Botany**, v. 31, p. 559-574, 2008.

MELO, F. R.; QUADROS, S.; JERUSALINSKY, L. Avaliação do Risco de Extinção de *Callicebus nigrifrons* (Spix, 1823) no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. ICMBio [Internet]. 2015 [cited 2020 July 08].

- MELO, F. R.; MENDES, S. L. Emissão de gritos longos por grupos de *Callicebus nigrifrons* e suas reações a playbacks. **A Primatologia do Brasil**, v. 7, p. 215-222, 2000.
- MONTAGNANA, Paula Carolina; GARÓFALO, Carlos Alberto; RIBEIRO, Milton Cezar. Efeitos-multi escala da quantidade de habitat e heterogeneidade da paisagem sobre comunidade de abelhas. 2018.
- MONTES, Joyce. Culicidae fauna of Serra da Cantareira, Sao Paulo, Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, n. 4, p. 578-584, 2005.
- MÜLLER, Klaus-Heinrich. Ranging in masked titi monkeys (*Callicebus personatus*) in Brazil. **Folia Primatologica**, v. 65, n. 4, p. 224-228, 1995.
- MÜLLER, Alexandra E.; ANZENBERGER, Gustl. Duetting in the titi monkey *Callicebus cupreus*: structure, pair specificity and development of duets. **Folia Primatologica**, v. 73, n. 2-3, p. 104-115, 2002.
- NAGY-REIS, Mariana B.; SETZ, Eleonore ZF. Foraging strategies of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in relation to food availability in a seasonal tropical forest. **Primates**, v. 58, p. 149-158, 2017.
- NASCIMENTO, Itaborai Velasco. Cerrado: o fogo como agente ecológico. **Territorium**, n. 8, p. 25-35, 2001.
- NEWBOLD, Tim et al. Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. **Science**, v. 353, n. 6296, p. 288-291, 2016.
- NORCONK, Marilyn A. Sakis, uakaris, and titi monkeys: behavioral diversity in a radiation of primate seed predators. **Primates in perspective**, p. 123-138, 2007.
- NOWAK, Ronald M.; WALKER, Ernest Pillsbury. **Walker's Primates of the World**. JHU Press, 1999.
- PARDINI, Renata et al. The challenge of maintaining Atlantic forest biodiversity: a multi-taxa conservation assessment of specialist and generalist species in an agro-forestry mosaic in southern Bahia. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1178-1190, 2009.
- PAVOINE, Sandrine; BONSALE, Michael B. Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach. **Biological Reviews**, v. 86, n. 4, p. 792-812, 2011.
- Pebesma, E.J., R.S. Bivand, 2005. Classes and methods for spatial data in R. **R News 5 (2)**, <https://cran.r-project.org/doc/Rnews/>.
- POLIS, Gary A. et al. (Ed.). **Food webs at the landscape level**. University of Chicago Press, 2004.

- PONTES, Antonio Rossano Mendes; SOARES, Marina Lira. Sleeping sites of common marmosets (*Callithrix jacchus*) in defaunated urban forest fragments: a strategy to maximize food intake. **Journal of Zoology**, v. 266, n. 1, p. 55-63, 2005.
- POZO-MONTUY, Gilberto; SERIO-SILVA, Juan Carlos; BONILLA-SÁNCHEZ, Yadira M. Influence of the landscape matrix on the abundance of arboreal primates in fragmented landscapes. **Primates**, v. 52, n. 2, p. 139-147, 2011.
- POZO-MONTUY, Gilberto et al. Resource use in a landscape matrix by an arboreal primate: evidence of supplementation in black howlers (*Alouatta pigra*). **International Journal of Primatology**, v. 34, p. 714-731, 2013.
- MAPBIOMAS, Projeto. Projeto MapBiomias: Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. **Retrieved from Projeto MapBiomias: Coleção**, v. 6, 2021.
- MAPBIOMAS, Projeto. Projeto MapBiomias: Coleção 2.0 da Série Mapa das Cicatrizes do Fogo. **Retrieved from Projeto MapBiomias: Coleção**, v. 2, 2022.
- QGIS.org, 2023. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available in: <<https://www.R-project.org>> (Accessed on June 10, 2023).
- ROBINSON, John G. Vocal regulation of use of space by groups of titi monkeys *Callicebus moloch*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 5, n. 1, p. 1-15, 1979.
- RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente: **FAPESP**, 2008.
- ROSENBERGER, Alfred L. Gradistic views and adaptive radiation of platyrrhine primates. **Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie**, p. 157-163, 1980.
- SINGH, Minerva; HUANG, Zhuhua. Analysis of forest fire dynamics, distribution and main drivers in the Atlantic Forest. **Sustainability**, v. 14, n. 2, p. 992, 2022.
- SILVA, W. G. et al. Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 403-411, 2007.
- TREVELIN, Leonardo C. et al. Abundance, habitat use and diet of *Callicebus nigrifrons* Spix (Primates, Pitheciidae) in Cantareira State Park, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, p. 1071-1077, 2007.
- VAN ROOSMALEN, Marc GM; VAN ROOSMALEN, Tomas; MITTERMEIER, Russell A. A taxonomic review of the titi monkeys, genus *Callicebus* Thomas, 1903, with the

description of two new species, *Callicebus bernhardi* and *Callicebus stephennashi*, from Brazilian Amazonia. **Neotropical primates**, v. 10, n. sSuppl, 2002.

WATLING, James I. et al. Meta-analysis reveals the importance of matrix composition for animals in fragmented habitat. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 2, p. 209-217, 2011.

WIECZKOWSKI, Julie. Ecological correlates of abundance in the Tana mangabey (*Cercocebus galeritus*). **American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists**, v. 63, n. 3, p. 125-138, 2004.

WILLIAMS, Katherine A. et al. Environmental factors are stronger predictors of primate species' distributions than basic biological traits. **International Journal of Primatology**, v. 42, n. 3, p. 404-425, 2021.