



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL**

GEOVANA CRISTINA BATISTA DE LIMA

PADRÃO POPULACIONAL E BIOMÉTRICO DO MACACO-PREGO-GALEGO (*Sapajus flavius*), EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA E NA CAATINGA

**RECIFE
2024**

GEOVANA CRISTINA BATISTA DE LIMA

**PADRÃO POPULACIONAL E BIOMÉTRICO DO MACACO-PREGO-GALEGO
(*Sapajus flavius*), EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA E NA CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Biologia Animal, do
Departamento de Zoologia, da
Universidade Federal de Pernambuco,
para obtenção do título de Mestre em
Biologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. João Pedro Souza-Alves
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Bruna Martins Bezerra

RECIFE
2024

GEOVANA CRISTINA BATISTA DE LIMA

**PADRÃO POPULACIONAL E BIOMÉTRICO DO MACACO-PREGO-GALEGO
(*Sapajus flavius*), EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA E NA CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, do Departamento de Zoologia, da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Aprovado em: 11/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JOAO PEDRO DE SOUZA ALVES
Data: 16/10/2024 10:24:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dr. João Pedro Souza Alves (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 PATRICIA IZAR MAURO
Data: 16/10/2024 14:04:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Patrícia Izar (Examinadora
externa)
Universidade de São Paulo

Documento assinado digitalmente
 VALDIR LUNA DA SILVA
Data: 16/10/2024 19:50:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dr. Valdir Luna da Silva (Examinador
externo)
Universidade Federal de Pernambuco

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Lima, Geovana Cristina Batista de.

Padrão populacional e biométrico do macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*), em fragmentos de mata atlântica e na caatinga / Geovana Cristina Batista de Lima. - Recife, 2024.
64f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, 2024.

Orientação: João Pedro Souza-Alves.

Coorientação: Bruna Martins Bezerra.

Inclui referências.

1. Uso de ferramentas; 2. Adaptações em primatas; 3. Armadilha fotográfica; 4. Primatas brasileiros; 5. Comparação morfológica; 6. Ecologia de primatas. I. Souza-Alves, João Pedro. II. Bezerra, Bruna Martins. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

Dedico essa dissertação a Deus, por ter me guiado até aqui, e à minha família,
por ter acreditado e investido em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que sempre foi meu alicerce nos momentos bons e difíceis. Aos meus pais, Geane de Lima e Samuel de Lima, que, com todo o esforço, dedicaram-se à minha criação e me proporcionaram oportunidades que eles mesmos não puderam ter. À minha irmã, Suelen Dias, que abriu caminhos para mim e sempre me aconselhou e incentivou a buscar conhecimento e seguir meus objetivos. Ao meu esposo, Jean Telles, por todo o suporte e incentivo ao longo desses anos. Obrigada por me ajudar a ir mais longe!

Ao meu orientador, Dr. João Pedro, por toda a paciência em me instruir, pelo respeito, por confiar em mim desde o início e por me abrir um leque de oportunidades. Agradeço também à minha coorientadora, Dra. Bruna Bezerra, por me receber carinhosamente no laboratório, por todo o apoio em campo e pela paciência que teve comigo. Foi um privilégio inestimável receber as orientações de vocês e aprender com suas experiências!

Meus sinceros agradecimentos à minha amiga e parceira de campo, Juliana Lacerda, que tornou cada coleta mais leve, seja sob o sol escaldante da Caatinga ou nos dias chuvosos da Mata Atlântica, e que compartilhou comigo tantos conhecimentos. Você é uma amiga que levarei para toda a vida!

Quero agradecer também àqueles que possibilitaram as coletas de dados na Caatinga, o Instituto SOS Caatinga, nas pessoas de Marcos Araújo e Rick Taynor. Obrigada por compartilharem suas experiências conosco, por nos fornecerem estadia e por auxiliarem no transporte dos equipamentos até os pontos de coleta. Vocês foram essenciais! Agradeço à Usina São José, na pessoa do Sr. Lenilson, que sempre nos acompanhou nas coletas nos fragmentos de Mata Atlântica. O senhor foi fundamental!

Agradeço aos amigos do Laboratório de Ecologia, Comportamento e Conservação (LECC) pelos aprendizados, conversas e cafés que compartilhamos. Tenho orgulho em ter como amigos pessoas tão inteligentes e responsáveis. Agradeço também às minhas amigas Joyce Farias, Juliana Azevedo e Thayná Duarte, pela amizade sincera e pelo apoio incondicional. Vocês são importantes em cada fase da minha vida!

Minha gratidão à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal (PPGBA) e a todo o corpo docente que teve participação direta ou indireta na minha formação acadêmica, pela oportunidade e pela qualidade do aprendizado que me proporcionaram. Agradeço também à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa concedida para a realização desta pesquisa. Meu agradecimento também à Rufford Foundation e à Idea Wild pelo auxílio financeiro.

Agradeço aos membros da banca pela disponibilidade, bem como pelas correções e sugestões oferecidas.

RESUMO

O *Sapajus flavius* é uma espécie ameaçada de extinção, endêmica do Nordeste do Brasil. O estudo busca avaliar aspectos populacionais e morfológicos dessa espécie, que vive em dois habitats contrastantes: a Mata Atlântica, mais úmida, e a Caatinga, caracterizada por longas secas e escassez de recursos alimentares. O principal objetivo deste estudo foi comparar a dinâmica populacional e morfológica (biométrica) do macaco-prego-galego nos ambientes e entender as possíveis adaptações da espécie. Também se busca investigar o uso de ferramentas, como o uso de pedras para quebrar frutos encapsulados, comportamento observado na Caatinga. O estudo foi realizado em um fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco e áreas de Caatinga em Alagoas. Utilizou-se o método de armadilhamento fotográfico para monitorar os grupos de macacos e analisar a composição populacional (sexo e idade) e as medidas biométricas (comprimento do braço e antebraço). Além disso, foi investigado o comportamento de uso de ferramentas. A análise mostrou diferenças significativas entre as populações dos dois biomas, com os grupos na Mata Atlântica sendo maiores e com uma maior proporção de fêmeas e jovens. Na Caatinga, os grupos são menores e as adaptações são mais evidentes, como o uso de pedras para acessar alimentos, um comportamento que não foi observado na Mata Atlântica. O estudo concluiu que o macaco-prego-galego apresenta adaptações comportamentais e morfológicas distintas nos dois biomas. A espécie demonstra flexibilidade e adaptação morfológica no uso de ferramentas, sendo crucial para sua sobrevivência em ambientes de recursos limitados, como a Caatinga. A pesquisa fornece subsídios para a conservação da espécie, reforçando a importância de preservar ambos os biomas para a manutenção das populações do macaco-prego-galego.

PALAVRAS-CHAVE: Uso de ferramentas, Adaptações em primatas, Armadilha fotográfica, Primatas brasileiros, Comparação morfológica, Ecologia de primatas.

ABSTRACT

Sapajus flavius is an Endangered species, endemic to northeastern Brazil. This study aimed to assess the population dynamics and morphology of this species, which inhabits two contrasting environments: the Atlantic Forest, a humid biome, and the Caatinga, characterized by long dry seasons and resource scarcity. The main objective was to compare the population dynamics and morphological (biometric) characteristics of the blonde capuchin monkeys in these two areas and understand the species' possible adaptations to these environments. Additionally, the study investigated the tool use, such as using stones to crack encapsulated fruits, a behavior observed in the Caatinga. The study was conducted in an Atlantic Forest fragment in Pernambuco and areas of Caatinga in Alagoas. The research employed camera trapping to monitor blonde capuchin monkey groups and analyse their population composition (sex and age) as well as biometric measurements (arm and forearm length). Additionally, the use of tools by the species was investigated. The analysis revealed significant differences between the populations in the two biomes, with larger groups and a higher proportion of females and juveniles in the Atlantic Forest. In the Caatinga, groups were smaller, and adaptations were more evident, such as the use of stones to access food, a behavior not observed in the Atlantic Forest. The study concluded that blonde capuchin monkey exhibits distinct behavioral and morphological adaptations in the two biomes. The species demonstrates flexibility in tool use, which is crucial for its survival in resource-limited environments like the Caatinga. This research provides valuable insights for the conservation of the species, emphasizing the need to preserve both biomes to maintain the populations of the blonde capuchin monkey.

KEYWORDS: Tool use, Adaptability in primates, Camera trapping, Brazilian primates, Morphological comparison, Primate ecology

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grupo de macacos-prego-galego em uma área de Caatinga localizada no Monumento Natural do Rio São Francisco, Delmiro Gouveia - AL, Nordeste do Brasil.....	2
Figura 2. Imagem ilustrativa de uma área da Caatinga registrada no município de São José da Tapera, Alagoas.....	3
Figura 3. Imagem ilustrativa de uma área da Mata Atlântica registrada no município de Igarassu, Pernambuco.....	5
Figura 4. Municípios onde ocorreu o monitoramento dos macacos-pregos-galegos no nordeste do Brasil.....	20
Figura 5. Estações de armadilhamento fotográfico localizadas nos estados de Alagoas (AL) e Pernambuco (PE), nordeste do Brasil.....	21
Figura 6. Esquema das estações de monitoramento com ceva.....	22
Figura 7. Categorias sexo-etária utilizadas para macaco-prego-galego nas análises do presente estudo, seguindo Medeiros et al. (2019).....	23
Figura 8. Imagem (frame) para ilustrar a posição sentado (a) e quadrúpede (b) dos indivíduos de macaco-prego-galego para a aferição das medidas de comprimento a partir do software AragoJ (Aleixo et al., 2020).....	25
Figura 9. Box-plot representando o tamanho de braço, antebraço e a razão braço:antebraço dos macacos-pregos-galegos por área de estudo. As linhas superior e inferior do box-plot representam o terceiro e o primeiro quartil, respectivamente, e a linha central no interior indica a média.....	28
Figura 10. Map presenting the locations of evidence and record of stone tool use by blonde capuchin monkeys monitored in the Caatinga in the Alagoas states, northeastern Brazil.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de indivíduos de cada classificação sexo - etária por população monitorada em duas áreas de Caatinga (Delmiro Gouveia e São José da Tapera / AL) e em uma área de Mata Atlântica (Igarassu / PE), Brasil, de setembro de 2022 a março de 2023.....	27
Tabela 2. Intervalos de confiança de 95% (média $\pm$ desvio padrão) extraídos a partir da média do tamanho do braço, antebraço e a razão dos indivíduos de macaco-prego-galego nas três áreas (São José da Tapera, Delmiro Gouveia e Igarassu).....	28
Tabela 3. Valores de significância estatística dos dados testados.....	29
Tabela 4. Description of the events of stone tool use by blonde capuchin monkeys in the Caatinga dry forest, in Brazil.....	44
Tabela 5. Description of the stone tool use site and identification of plant species (family) cracked by blonde capuchin monkey in the Caatinga dry forest, in Brazil.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 GERAL	2
2.2 ESPECÍFICOS.....	2
3. PARTE 1 - REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
3.1 CAATINGA E MATA ATLÂNTICA.....	3
3.2 PRIMATAS DO NORDESTE DO BRASIL.....	6
3.3. DINÂMICA POPULACIONAL EM PRIMATAS	7
3.4. USO DE FERRAMENTAS POR PRIMATAS.....	8
3.5 REFERÊNCIAS.....	9
4. PARTE 2 - ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E BIOMÉTRICOS	18
PARTE 2.1 - PADRÃO POPULACIONAL E AVALIAÇÃO BIOMÉTRICA EM MACACO-PREGO-GALEGO (<i>Sapajus flavius</i>) DA MATA ATLÂNTICA E CAATINGA	18
4.1 INTRODUÇÃO	18
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.2.2 MONITORAMENTO DO MACACO-PREGO-GALEGO.....	21
4.2.3 COLETA DE DADOS DEMOGRÁFICOS	23
4.2.4 COLETA DE DADOS BIOMÉTRICOS	24
4.2.5 ANÁLISE DE DADOS.....	25
4.3 RESULTADOS.....	26
4.3.1 NÚMERO DE INDIVÍDUOS E CLASSIFICAÇÃO SEXO-ETÁRIA.....	26
4.3.2 TAMANHO DO BRAÇO E ANTEBRAÇO DE INDIVÍDUOS DE MACACOS-PREGO- GALEGO	27
4.4 DISCUSSÃO	29
4.5 CONCLUSÃO	32
4.6 REFERÊNCIAS.....	34

5. PARTE 3 - USO DE FERRAMENTA POR *Sapajus flavius*39

**A NEW ADDITION TO THE TOOLBOX: STONE TOOL USE IN BLONDE
CAPUCHIN MONKEYS (*Sapajus flavius*)39**

5.1 INTRODUCTION40

5.2 METHODS41

5.2.1 STUDY SITE41

5.2.2 DATA COLLECTION.....41

5.3 RESULTS43

5.3.1 STONE TOOL USE.....43

5.3.2 TOOLS AND SITE DESCRIPTIONS.....43

5.4 DISCUSSION43

5.5 REFERENCES47

**6. PARTE 4. CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES PARA
PESQUISA E CONSERVAÇÃO DO MACACO PREGO GALEGO52**

1. INTRODUÇÃO GERAL

Florestas tropicais sazonalmente secas, como a Caatinga, são caracterizadas por uma longa estação seca e um curto período chuvoso bem definidos, resultando em uma considerável imprevisibilidade na disponibilidade de recursos (Machado et al., 1997; Leal et al., 2005; Moura & McConkey, 2007; Antongiovanni et al., 2022). Já nas florestas tropicais úmidas, como a Mata Atlântica, além da previsibilidade, a disponibilidade de recursos tem grande influência da precipitação, fotoperíodo, temperatura e até mesmo eventos ocasionados pelo El Niño (Chapman et al., 2018a; Dunham et al., 2018; Wright & Caderón, 2018). Essas flutuações sazonais podem influenciar, dentre diversos aspectos, a reprodução dos animais (Renton & Salinas-Melgoza, 2004; Fuller et al., 2020; Bronson, 1985). Sendo assim, a sobrevivência de animais que vivem em habitats com condições ecológicas similares a esses ambientes, especialmente à Caatinga, depende substancialmente de adaptações fisiológicas e comportamentais. Uma dessas adaptações fisiológicas é “programar” a reprodução ou o período de lactação visando que os filhotes nasçam ou se alimentem (e.g. amamentação) em períodos com maior disponibilidade de alimentos, assim garantindo o sucesso dos infantes e a manutenção das populações (Stoner & Timm, 2011; Grueter, et al., 2009; Vogel et al., 2009; Nagy-Reis & Setz, 2017; Souza-Alves et al., 2019).

Para avaliar potenciais adaptações de primatas em áreas de Caatinga e Mata Atlântica esta dissertação teve como objeto de estudo o macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) (Figura 1). O macaco-prego-galego é atualmente classificado como Em Perigo de extinção de acordo com a Lista Brasileira de Espécies Ameaçadas e a Lista Vermelha da IUCN (Valença-Montenegro et al., 2021; MMA, 2014), sendo alvo de políticas públicas diversas a nível nacional e estadual (ICMBio, 2018; SEMAS-PE, 2024). A espécie foi registrada em pinturas no período da ocupação holandesa no Brasil e foi redescoberta na natureza no ano de 2006 (Oliveira & Langguth, 2006; Mendes Pontes et al., 2007) e desde então, a maior parte dos estudos embasando as políticas públicas para conservação da espécie são baseadas majoritariamente em estudos realizados na Mata Atlântica. O macaco-prego-galego na Mata Atlântica forma grandes grupos, multi-macho e multi-fêmea, organizados em uma dinâmica de fissão-fusão (Medeiros et al., 2019; Bezerra et al., 2014; Fragaszy et al., 2004). Além disso, há registro de uso de gravetos como ferramentas para a obtenção de insetos (Souto et al., 2011). Esta dissertação é pioneira no estudo voltado para entender aspectos ecológicos e comportamentais do macaco-prego-galego na Caatinga, trazendo um comparativo com estudos e dados dos animais na Mata Atlântica.

Figura 1. Grupo de macacos-prego-galego em uma área de Caatinga localizada no Monumento Natural do Rio São Francisco, Delmiro Gouveia - AL, Nordeste do Brasil.



Fonte: A autora.

A dissertação é apresentada em quatro partes principais. A primeira parte traz um referencial teórico contextualizando os principais tópicos discutidos nesta dissertação, ou seja, os biomas alvo, a espécie alvo e os dois tópicos principais de pesquisa (demografia e uso de ferramentas em primatas). A segunda parte mostra um comparativo entre aspectos demográficos e biométricos do *Sapajus flavius* em área de Caatinga e Mata Atlântica através de dados coletados com auxílio de monitoramento remoto por armadilhamento fotográfico. A parte três aborda o uso de ferramenta pela espécie, trazendo informação sobre uma nova ferramenta usada pela espécie, o uso de martelo e bigorna na caatinga para obtenção de frutos encapsulados em comparação ao uso de gravetos na Mata Atlântica para obtenção de insetos. Por fim, a parte quatro da dissertação inclui as conclusões gerais do estudo e direcionamentos para pesquisa e conservação da espécie.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Esta dissertação visou elucidar aspectos da dinâmica populacional, morfologia e uso de ferramentas por grupos de macaco-prego-galego habitando ambientes de Caatinga e um fragmentos de Mata Atlântica.

2.2 ESPECÍFICOS

- Comparar aspectos demográficos (número de indivíduos, sexo, faixa etária) e biométricos (o comprimento do braço e antebraço) de *Sapajus flavius* entre o ambiente de Caatinga e Mata Atlântica;
- Investigar aspectos do uso de ferramentas em *Sapajus flavius*, focando na adição de ferramenta usada na Caatinga ao repertório conhecido para a espécie na Mata Atlântica.

3. PARTE 1 - REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CAATINGA E MATA ATLÂNTICA

O Brasil apresenta seis biomas, sendo eles Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (Jesus et al., 2020). A Caatinga e a Mata Atlântica possuem elevada biodiversidade e variação climática e ambiental que exigem diferentes adaptações para a fauna e a flora (de Albuquerque et al., 2012; Rezende et al., 2018). Apesar da acentuada pressão humana ao longo dos anos, esses biomas são extremamente essenciais para a manutenção da biodiversidade brasileira (Scarano & Ceotto, 2015; de Lima et al., 2020; Teixeira et al., 2021; Araújo et al., 2023).

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, abrangendo aproximadamente 11% de todo o território nacional (Brasil, 2012). Caracteriza-se pela maior floresta tropical sazonalmente seca do mundo (~735.000 Km²). Além disso, apresenta um regime de chuvas bem marcado (média anual de 773 mm), com a estação seca podendo durar de sete a 10 meses em alguns locais, e uma estação chuvosa mais curta - 3 meses consecutivos (Leal et al., 2005; De Andrade et al., 2017,; Antongiovanni et al., 2022). Apresenta uma vegetação composta por árvores e arbustos de pequeno porte (até 20 m de altura), espaçadas (Figura 2) e que geralmente perdem as folhas durante a estação seca frente às condições ambientais singulares tais como baixa umidade e altas temperaturas da região (Alves et al., 2009; Sena, 2011).

Figura 2. Imagem ilustrativa de uma área da Caatinga registrada no município de São José da Tapera, Alagoas.



Fonte: A autora (2022)

Com relação a fauna e flora, a Caatinga apresenta uma elevada riqueza de espécies. Na última compilação de dados sobre a biodiversidade do bioma, foram registrados aproximadamente 3.150 espécies de angiospermas (De Queiroz et al., 2017), 276 formigas (Silva et al., 2017), 386 peixes (Lima et al., 2017), 98 anfíbios (Garda et al., 2017), 79 lagartos (Mesquita et al., 2017), 548 aves (De Araújo & Silva, 2017), e 183 mamíferos (Carmignotto & Astúa, 2017). Esses números são ainda mais expressivos quando observada a taxa de

endemismo da Caatinga comparada à outras florestas tropicais secas (da Silva et al., 2018). Por exemplo, a Caatinga possui a maior quantidade de flora endêmica entre as florestas tropicais sazonalmente secas neotropicais. Todavia, esse bioma não é importante apenas pela elevada biodiversidade e endemismo, que varia de 3% nas espécies de aves até 57% nos peixes, mas também pelos estudos sobre como as espécies animais e plantas se adaptam a ambientes com sazonalidade acentuada (Leal et al., 2005). Sejam adaptações morfoanatômicas foliares em plantas da Caatinga, como anfistomatia, tricomas tectores, cristais, entre outros (Do Nascimento et al., 2024), como também, animais que ajustam seus comportamentos de acordo com a flutuação da temperatura (La Fuente et al., 2014). Apesar disso, os esforços de levantamento da biodiversidade ainda são reduzidos em relação a outras florestas (Santos et al., 2011).

Os municípios que englobam o bioma apresentam o menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Brasil (Sampaio & Batista, 2004). Esse baixo índice tem levado as comunidades humanas que vivem na Caatinga a explorar o bioma de forma não sustentável, assim, impactando negativamente a região. Existem três diferentes tipos de perturbações que causam a redução das áreas de Caatinga dentro do seu limite de distribuição. A primeira são as perturbações agudas, sendo aquelas causadas pela rápida conversão de grandes áreas de vegetação nativa em ecossistemas modificados pelo homem; a segunda são as perturbações crônicas, que são causadas pela lenta, porém contínua, sobreexploração da vegetação nativa. Terceiro, os impactos negativos causados pela presença de animais e plantas exóticas introduzidos visando melhorar a qualidade de vida das pessoas (Singh, 1998). Além dessas, pressões de caça e tráfico de animais também são registradas (da Silva et al., 2018). As mudanças climáticas, influenciadas pelos humanos, também são outro fator que impacta esse bioma. Projeções climáticas para o futuro indicam que em alguns anos ocorrerá a desertificação da Caatinga (Torres et al., 2017), e que, por exemplo, a diversidade de mamíferos e seus habitats deverão ser extremamente reduzidos (Moura et al., 2023). Ainda assim, é o bioma menos protegido, apenas 7,96% do seu território é legalmente protegido, e apenas 1,3% desse total está enquadrado dentro das unidades de conservação de proteção integral (Teixeira et al., 2021).

A Mata Atlântica é um bioma que se divide entre três países, Brasil, Argentina e Paraguai, mas a sua maior extensão territorial está no Brasil, cobrindo cerca de 15% (1.300.000 km²) do território nacional (SOS Mata Atlântica, 2023). Especificamente no Brasil, a Mata Atlântica está inserida dentro de um extenso gradiente longitudinal (norte/sul), tornando o regime de chuvas, temperatura e altitude altamente heterogênea (Tabarelli et al., 2005). Essa heterogeneidade no ambiente permite a Mata Atlântica abrigar uma elevada riqueza de espécies sob uma diversidade de nichos ecológicos (Durães & Loiselle, 2004). Contudo, atualmente restam apenas 12,4% da área de cobertura original dessa floresta (SOS Mata Atlântica, 2023),

na maior parte das regiões distribuídas em pequenos e isolados fragmentos (Scarano & Ceotto, 2015). Esse processo de redução e fragmentação da Mata Atlântica é histórico. Desde o processo de colonização (invasão) do Brasil, a extração de madeira, em especial o pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) visando a criação de pasto para a criação de gado e o cultivo de monoculturas (cana-de-açúcar e café) tem sido intensa (Coimbra-Filho & Câmara, 1996; Dean, 1996).

Figura 3. Imagem ilustrativa de uma área da Mata Atlântica registrada no município de Igarassu, Pernambuco.



Fonte: A autora (2022)

Diferente da Caatinga, o clima dentro dos limites de distribuição da Mata Atlântica é classificado como tropical quente e úmido, e não há estação seca bem definida (Morellato & Haddad, 2000). As temperaturas variam em torno de 18° e 25° C, e o índice pluviométrico varia de 1000 mm a 4000 mm (Campanilli & Schaffer, 2010; Tabarelli, 2005). Nesse bioma existe uma variedade de formações florestais, incluindo a floresta ombrófila densa com árvores de médio a grande porte e na maioria das vezes úmida, distribuída desde o litoral do Nordeste até o extremo Sul (Figura 3) (Campanilli & Schaffer, 2010). Todavia, fragmentos de floresta perturbados podem apresentar, na sua maioria, uma vegetação de menor porte e homogênea (Lôbo et al., 2011). As plantas apresentam uma atividade fenológica previsível, onde, na maioria das vezes a produção de frutos pode estar relacionada aos níveis de precipitação e temperatura (Mendoza et al., 2017). Esses fatores contribuem no processo de deposição de sementes por parte dos organismos dispersores tais como aves e mamíferos (Morellato et al., 2016).

Embora a Mata Atlântica esteja inserida dentro de um contexto de perturbação antrópica histórica, o bioma ainda é um dos mais biodiversos do mundo. Estima-se que existam mais do que 32 mil espécies de plantas vasculares (Forzza et al., 2012), sendo 8 mil endêmicas, e mais de 2.300 espécies de vertebrados (Pinto et al., 2006). São 321 espécies de mamíferos presentes em sua extensão, sendo 89 endêmicas e 129 ameaçadas (Graipel et al., 2017). A conjunção dos

fatores, tais como alto grau de endemismo, elevado nível de biodiversidade e perturbações, tornaram a Mata Atlântica um dos 25 hotspots para a conservação da biodiversidade (Mittermeier et al., 2011). Neste sentido, buscar ferramentas que visem a conservação dos fragmentos florestais remanescentes torna-se prioridade. Uma dessas ações é a criação de unidades de conservação. Atualmente, há 2.595 unidades de conservação neste bioma, divididas em unidades de proteção integral e uso sustentável, abrangendo 17,3 milhões de hectares (SOS Mata Atlântica, 2023).

3.2 PRIMATAS DO NORDESTE DO BRASIL

Estima-se que existem 218 espécies/subespécies de primatas neotropicais, distribuídas em 24 gêneros (Rylands & Mittermeier, 2024). O Brasil é o país com a maior diversidade de primatas não humanos do mundo (cerca de 152 táxons), com ocorrência em todos os seus biomas, sendo que 21 táxons estão presentes na região nordeste (ICMBio, 2012; Portaria MMA Nº 444/2014; Rylands & Mittermeier, 2024). Dentro dos limites de distribuição da Caatinga, podem ser encontradas 10 espécies de primatas (Ferreira et al., 2009; Carmignotto & Astúa, 2017). Dentre essas, três espécies (*Sapajus flavius*, *Alouatta ululata*, *Callicebus coimbrai*) estão listadas como Ameaçadas de extinção (Jerusalinsky et al., 2020; Valença-Montenegro et al., 2021; Fialho et al., 2021), duas (*Callicebus barbabrownae* e *Sapajus xanthosternos*) como Criticamente Ameaçadas (Printes et al., 2021; Canale et al., 2021), e uma como Vulnerável (*Callicebus melanochir*) (Printes et al., 2021); apenas uma espécie, *C. barbarabrownae*, é endêmica da Caatinga (Barreto et al., 2022).

Em função das condições ecológicas e heterogeneidade espacial, atualmente 26 espécies de primatas são conhecidos para a Mata Atlântica (Culot et al., 2019). Nos fragmentos florestais ao norte do rio São Francisco, apenas três espécies, *Alouatta belzebul*, *Callithrix jacchus* e *S. flavius*, habitam os últimos remanescentes de Mata Atlântica da região (Mendes Pontes et al., 2007; Fialho et al., 2014). Exceto *C. jacchus*, todas as demais espécies são listadas em algum grau de ameaça em razão da perda e fragmentação dos habitats (Valença-Montenegro et al., 2021). O macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) é um exemplo de espécie endêmica do nordeste do Brasil, que ocorre tanto na Mata Atlântica quanto na Caatinga.

Em áreas de Mata Atlântica, esses primatas são animais diurnos que passam a maior parte do tempo forrageando e vivem em grandes grupos, que podem chegar a 150 indivíduos (Medeiros et al., 2019). Possuem hierarquias definidas, onde os machos são responsáveis pela proteção do grupo e as fêmeas pelo cuidado com a prole (Bezerra et al., 2014), embora seja possível observar indivíduos de outras classes sexo-etárias cuidando dos filhotes também. Apresentam comportamentos sociais complexos como o de fissão-fusão, em que costumam dividir-se em grupos menores ao longo do dia para otimizar o forrageamento, além disso, a dieta desses animais é onívora e extremamente variada (Fragaszy et al., 2004). A flexibilidade

na dieta dos macacos-pregos permite sua adaptação a diferentes ambientes, sendo crucial para sua sobrevivência em áreas com sazonalidade e escassez de recursos alimentares (Fragaszy et al., 2004).

Os primatas constituem a maior biomassa de organismos em florestas tropicais (Chapman & Onderdonk, 1998). Eles apresentam diferentes papéis ecológicos, sendo o principal a dispersão de sementes (Chapman & Russo, 2007). Esse processo contribui para a regeneração da vegetação nativa e para a manutenção da biodiversidade local (Moura & Mcconkey, 2007; Bufalo et al., 2016). Contudo, as intensas ações humanas ao longo dos anos tem levado a algumas espécies de primatas a um declínio populacional (Estrada et al., 2017) bem como a extinção local (Hilário et al., 2017). As variáveis que atuam sobre os primatas tendem a variar entre os biomas. Nas florestas tropicais secas, a baixa diversidade de plantas, longos períodos de escassez de alimento e o uso indiscriminado do solo estão afetando as populações de primatas (Murphy & Lugo, 1986; van Schaik et al., 1993), enquanto que nas florestas tropicais úmidas, a perda e fragmentação dos habitats contínuos são as principais ações negativas (Matte et al., 2024). Para ambos os biomas, os efeitos das mudanças climáticas sobre os primatas irão atuar negativamente (Moraes et al., 2020; Pinto et al., 2023).

3.3. DINÂMICA POPULACIONAL EM PRIMATAS

As mudanças na composição, tamanho e distribuição de uma população ao longo do tempo é denominada de dinâmica populacional. A partir desta dinâmica é possível compreender como as populações crescem, diminuem ou se movem e quais são os principais impulsionadores dessas mudanças (Begon et al., 1990; Ricklefs, 1996). Dentre deste contexto, alguns fatores parecem ser determinantes tais como as taxas de reprodução e mortalidade, migração e tamanho da área de vida (Sainsbury, 1982; Berryman, 2020). Especificamente, as taxas de reprodução e sobrevivência, por exemplo, podem atuar como um indicativo da proporção de jovens e fêmeas adultas, assim como presença de fêmeas gestantes e lactantes (Monteiro da Cruz, 1998; Valença-Montenegro, 2011). Para primatas, por exemplo, quando a sobrevivência de indivíduos adultos é inferior a 70% pode haver um colapso populacional e esse evento, conhecido como "extinção demográfica" pode ser ainda mais gravoso em espécies que vivem em pequenos grupos (Dobson & Lees, 1989). Portanto, estudos relacionados à dinâmica de populações, a partir de estimativas de tamanho e composição, podem ajudar a avaliar o nível de vulnerabilidade à extinção das espécies, assim como guiar a reintrodução na natureza (Lawton, 1994).

Entre primatas, a dinâmica populacional pode variar amplamente entre espécies (Coles et al., 2012; Chapman et al., 2018b). A dinâmica social dos primatas é altamente adaptável e influenciada por uma série de fatores, incluindo disponibilidade de recursos, pressões ambientais, competição por parceiros reprodutivos (Schülke & Ostner, 2012). Devido a isso, o processo de fissão fusão, pelo qual um grupo

social de primatas se divide em dois ou mais grupos menores e depois une-se novamente, desempenha um papel importante na dinâmica de algumas populações de primatas, afetando sua composição e reprodução (Lewis et al., 2011). Essa pode ser uma estratégia para reduzir a competição por recursos escassos ou evitar conflitos entre membros do grupo, aumentar a chance de reprodução e até mesmo pode ser consequência de distúrbios antrópicos (Matthews et al., 2021; Rodrigues, 2017).

Devido às limitações de tempo e de coleta de dados demográficos em campo, assim como o pouco interesse de primatólogas(os) em utilizar métodos ecológicos, ainda há poucas informações demográficas sobre populações de primatas e isso dificulta em parte a avaliação do status de conservação das espécies. No entanto, o levantamento de dados iniciais sobre o tamanho e a composição dos grupos de primatas pode oferecer informações prognósticas valiosas, identificando populações mais vulneráveis e orientando medidas de proteção mais eficazes.

3.4. USO DE FERRAMENTAS POR PRIMATAS

O entendimento do comportamento dos primatas, incluindo o uso de ferramentas, evoluiu ao longo do tempo com novas descobertas. Atualmente, o conceito mais aceito é o proposto por Shumaker et al. (2011) a partir de uma revisão do conceito de Beck (1980), nele o uso de ferramentas é:

“O emprego externo de um objeto ambiental não vinculado ou *manipulável* para alterar mais eficientemente a forma, posição ou condição de outro objeto, outro organismo ou o próprio usuário. Quando o usuário segura e *manipula diretamente* a ferramenta durante ou antes do uso e é responsável pela orientação adequada”

Por muito tempo, acreditou-se que apenas humanos eram capazes de fabricar e usar ferramentas. Porém, essa teoria foi refutada quando a primatóloga Jane Goodall relatou o uso de gravetos como ferramentas por um grupo de chimpanzés com o objetivo de “pescar” cupins (Goodall, 1964). Desde então esse comportamento tem sido observado em várias espécies de aves (Tebbich et al., 2001; Emery, 2021), elefantes (Chevalier- Skolnikoff & Liska, 1993), animais aquáticos (Brown, 2012; Mann et al., 2012; Mann & Patterson, 2013; Bizzozzero et al., 2019) e primatas (Hauser et al., 2002; Gruber et al., 2010; Spagnoletti et al., 2012).

Dentre as ferramentas utilizadas pelos animais estão incluídos objetos como paus (Goodal, 1964; Oxley & Jovan, 2019; O’Hara et al., 2021) e pedras (Visalberghi et al., 2009; Falótico et al., 2019). A capacidade dos animais em utilizar ferramentas pode ser influenciada pela aprendizagem social, através da observação e imitação de outros indivíduos que já utilizam ferramentas (Tebbich et al., 2001; Galef & Laland, 2005; Yamamoto et al., 2013) e pelo ambiente, especialmente a disponibilidade de recursos alimentares (Seed & Byrne, 2010; Rindler, 2014). Há relatos de uso de ferramentas para diversas espécies de primatas do “velho

mundo” como chimpanzés (Musgrave et al., 2021; Lonsdorf & Sanz, 2022), bonobos (Roffman et al., 2015), orangotangos (Meulman & van Schaik, 2013) e gorilas (Kinani & Zimmerman, 2015). Enquanto que entre os primatas das Américas, os macacos-pregos (*Sapajus* spp.) se destacam por suas habilidades com ferramentas (Fragaszy et al., 2004; Ottoni e Izar, 2008; Falótico et al., 2019).

3.5 REFERÊNCIAS

- Alves, J. J. A., de Araújo, M. A., & do Nascimento, S. S. (2009). Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Revista Caatinga*, 22(3), 126-135.
- Antongiovanni, M., Venticinque, E. M., Tambosi, L. R., Matsumoto, M., Metzger, J. P., & Fonseca, C. R. (2022). Restoration priorities for Caatinga dry forests: Landscape resilience, connectivity and biodiversity value. *Journal of Applied Ecology*, 59(9), 2287-2298.
- Araujo, H. F., Canassa, N. F., Machado, C. C., & Tabarelli, M. (2023). Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. *Scientific Reports*, 13(1), 18440.
- ATLÂNTICA, Fundação SOS Mata. <<https://www.sosma.org.br/conheca/mata-atlantica/>> Acessado em 11 de Março de 2023.
- Barreto, H. F., Jerusalinsky, L., Eduardo, A. A., Alonso, A. C., Júnior, E. M. S., Beltrão-Mendes, R., ... & Gouveia, S. F. (2022). Viability meets suitability: distribution of the extinction risk of an imperiled titi monkey (*Callicebus barbarabrownae*) under multiple threats. *International Journal of Primatology*, 1-19.
- Beck, B. B. (1980). Animal tool behavior: The use and manufacture of tools by animals.
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (1986). *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell scientific publications.
- Berryman, A. A. (2020). *Principles of population dynamics and their application*. Garland Science.
- Bezerra, B. M., Bastos, M., Souto, A., Keasey, M. P., Eason, P., Schiel, N., & Jones, G. (2014). Camera trap observations of nonhabituated critically endangered wild blonde capuchins, *Sapajus flavius* (formerly *Cebus flavius*). *International Journal of Primatology*, 35, 895-907.
- Bizzozzero, M. R., Allen, S. J., Gerber, L., Wild, S., King, S. L., Connor, R. C., ... & Krützen, M. (2019). Tool use and social homophily among male bottlenose dolphins. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1904), 20190898.
- Bronson, FH. "Mammalian Reproduction: An Ecological Perspective 1." *Biology of Reproduction* 32.1 (1985): 1-26.
- Brown, C. (2012). Tool use in fishes. *Fish and Fisheries*, 13(1), 105-115.
- Bufalo, F. S., Galetti, M., & Culot, L. (2016). Seed dispersal by primates and implications for the conservation of a biodiversity hotspot, the Atlantic forest of South America. *International Journal of Primatology*, 37, 333-349.

Campanili, Maura & Schaffer , Wigold Bertoldo (2010). Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Núcleo Mata Atlântica e Pampa; Brasília: MMA.

Canale, G.R., Alonso, A.C., Martins, W.P., Jerusalinsky, L., de Melo, F.R., Kierulff, M.C.M., Mittermeier, R.A. & Lynch Alfaro, J.W. (2021). *Sapajus xanthosternos* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021 e.T4074A192592138. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20211.RLTS.T4074A192592138>

Carmignotto, A. P., & Astúa, D. (2017). Mammals of the Caatinga: diversity, ecology, biogeography, and conservation. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, 211-254.

Chapman, C. A., & Onderdonk, D. A. (1998). Forests without primates: primate/plant codependency. *American Journal of primatology*, 45(1), 127-141.

Chapman, C. A., Valenta, K., Bonnell, T. R., Brown, K. A., & Chapman, L. J. (2018a). Solar radiation and ENSO predict fruiting phenology patterns in a 15-year record from Kibale National Park, Uganda. *Biotropica*, 50(3), 384-395.

Chapman, C. A., Bortolamiol, S., Matsuda, I., Omeja, P. A., Paim, F. P., Reyna-Hurtado, R., & Valenta, K. (2018b). Primate population dynamics: variation in abundance over space and time. *Biodiversity and Conservation*, 27, 1221-1238.

Chapman, CA e Russo, SE (2007). Dispersão de sementes de primatas. *Primaz em perspectiva*, 510-525.

Chevalier-Skolnikoff, S., & Liska, J. O. (1993). Tool use by wild and captive elephants. *Animal Behaviour*, 46(2), 209-219.

Coles, R. C., Lee, P. C., & Talebi, M. (2012). Fission–fusion dynamics in southern muriquis (*Brachyteles arachnoides*) in continuous Brazilian Atlantic Forest. *International Journal of Primatology*, 33, 93-114.

Culot L, Pereira L, Agostini I, Almeida MA, Alves R, Aximoff I, et al. ATLANTIC-PRIMATES: a dataset of communities and occurrences of primates in the Atlantic Forests of South America. *Ecology*. 2019;100:e02525.

Da Silva, J. M. C., Leal, I. R., & Tabarelli, M. (Eds.). (2018). *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*. Springer.

De Albuquerque, U. P., de Lima Araujo, E., El-Deir, A. C. A., de Lima, A. L. A., Souto, A., Bezerra, B. M., ... & Severi, W. (2012). Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scientific World Journal*, 2012(1), 205182.

De Andrade, E. M., Aquino, D. D. N., Chaves, L. C. G., & Lopes, F. B. (2017). Water as capital and its uses in the Caatinga. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, 281-302.

De Araujo, H. F. P., & Silva, J. M. C. D. (2017). The avifauna of the Caatinga: biogeography, ecology, and conservation. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, 181-210.

De Lima, R. A., Oliveira, A. A., Pitta, G. R., de Gasper, A. L., Vibrans, A. C., Chave, J., ... & Prado,

- P. I. (2020). The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature communications*, 11(1), 6347.
- De Queiroz, L. P., Cardoso, D., Fernandes, M. F., & Moro, M. F. (2017). Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, 23-63.
- Dean, W. (1996). A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. In A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. Coimbra-Filho, A. F. e Câmara. I. de G. 1996. Os Limites Originais do Bioma Mata Atlântica na Região Nordeste do Brasil. Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza(FBCN), Rio de Janeiro. 86pp.
- Do Nascimento Accioly, A., de Paiva Farias, R., & de Arruda, E. C. P. (2024). Plants in the caatinga possess multiple adaptive leaf morphoanatomical traits concurrently, a pattern revealed from a systematic review. *Journal of Arid Environments*, 222, 105162.
- Dobson, A. P., & Lyles, A. M. (1989). The population dynamics and conservation of primate populations. *Conservation Biology*, 3(4), 362-380.
- Dunham AE, Razafindratsima OH, Rakotonirina P, Wright PC (2018) Fruiting phenology is linked to rainfall variability in a tropical rain forest. *Biotropica* 50(3):396-404.
- Durães, R., & Loiselle, B. A. (2004). Inter-scale relationship between species richness and environmental heterogeneity: a study case with antbirds in the Brazilian Atlantic Forest. *Ornitologia Neotropical*, 15, 127-135.
- Emery, N. (2021). Bird Tool Use. *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science*, 610-618.
- Estrada, A., Garber, P. A., Rylands, A. B., Roos, C., Fernandez-Duque, E., Di Fiore, A., & Li, B. (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science advances*, 3(1), e1600946.
- Falótico, T., Proffitt, T., Ottoni, E. B., Staff, R. A., & Haslam, M. (2019). Three thousand years of wild capuchin stone tool use. *Nature Ecology & Evolution*, 3(7), 1034-1038.
- Ferreira, R. G., Jerusalinsky, L., Silva, T. C. F., de Souza Fialho, M., de Araújo Roque, A., Fernandes, A., & Arruda, F. (2009). On the occurrence of *Cebus flavius* (Schreber 1774) in the Caatinga, and the use of semi-arid environments by *Cebus* species in the Brazilian state of Rio Grande do Norte. *Primates*, 50, 357-362.
- Fialho, M., Valença-Montenegro, M. M., da Silva, T. C. F., Ferreira, J. G., & de Oliveira Laroque, P. (2014). Ocorrência de *Sapajus flavius* e *Alouatta belzebul* no Centro de Endemismo Pernambuco. *Neotropical Primates*, 21(2), 214-218.
- Fialho, M.S., Jerusalinsky, L., Ferreira, J.G., Pinto, T., Laroque, P.O., Cortes-Ortíz, L. & Freire Filho, R. (2021). *Alouatta ululata*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T918A190435652. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20211.RLTS.T918A190435652.en>
- Forzza, R. C., Baumgratz, J. F. A., Bicudo, C. E. M., Canhos, D. A., Carvalho Jr, A. A., Coelho, M. A. N., ... & Zappi, D. C. (2012). New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. *BioScience*, 62(1), 39-45.
- Fragaszy, D. M., Visalberghi, E., & Fedigan, L. M. (2004). The complete capuchin: the biology of the genus *Cebus*. Cambridge University Press.

- Fuller, T. K., Silva, A. M., Montalvo, V. H., Sáenz-Bolaños, C., & Carrillo J, E. (2020). Reproduction of white-tailed deer in a seasonally dry tropical forest of Costa Rica: a test of aseasonality. *Journal of Mammalogy*, 101(1), 241-247.
- Galef, B. G., & Laland, K. N. (2005). Social learning in animals: empirical studies and theoretical models. *Bioscience*, 55(6), 489-499.
- Garda, A. A., Stein, M. G., Machado, R. B., Lion, M. B., Juncá, F. A., & Napoli, M. F. (2017). Ecology, biogeography, and conservation of amphibians of the Caatinga. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, 133-149.
- Goodall, J. (1964). Tool-using and aimed throwing in a community of free-living chimpanzees. *Nature*, 201(4926), 1264-1266.
- Graipel, M. E., Cherem, J. J., Monteiro-Filho, E. L., & Carmignotto, A. P. (2017). Mamíferos da Mata Atlântica. Revisões em Zoologia: Mata Atlântica, 391-482.
- Gruber, T., Clay, Z., & Zuberbühler, K. (2010). A comparison of bonobo and chimpanzee tool use: evidence for a female bias in the Pan lineage. *Animal Behaviour*, 80(6), 1023-1033.
- Grueter, C. C., Li, D., Ren, B., Wei, F., Xiang, Z., & van Schaik, C. P. (2009). Fallback foods of temperate-living primates: A case study on snub-nosed monkeys. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 140(4), 700-715.
- Hauser, M., Pearson, H., & Seelig, D. (2002). Ontogeny of tool use in cottontop tamarins, *Saguinus oedipus*: innate recognition of functionally relevant features. *Animal Behaviour*, 64(2), 299-311.
- Hilário, R. R., Jerusalinsky, L., Santos, S., Beltrão-Mendes, R., & Ferrari, S. F. (2017). A primate at risk in Northeast Brazil: local extinctions of Coimbra Filho's titi (*Callicebus coimbrai*). *Primates*, 58, 343-352.
- ICMBIO (2012). Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cpb/central-de-conteudos/primatas-brasileiros>. Acesso em: 30 ago. 2024
- ICMBio (2018). Plano de Ação Nacional para a conservação dos Primatas do Nordeste. *Sumário Executivo*. Brasília.
- Jerusalinsky, L., Souza-Alves, J. & Ferrari, S. 2020. *Callicebus coimbrai*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T39954A17972422. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T39954A17972422.en>. Acesso em 10 September 2024.
- Jesus, J. B. D., Rosa, C. N. D., Barreto, Í. D. D. C., & Fernandes, M. M. (2020). Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. *Ciência Florestal*, 30, 176-191.
- Kinani, J. F., & Zimmerman, D. (2015). Tool use for food acquisition in a wild mountain gorilla (*Gorilla beringei beringei*). *American Journal of Primatology*, 77(3), 353-357.
- La Fuente, D., Castellón, M. F., Souto, A., Sampaio, M. B., & Schiel, N. (2014). Behavioral adjustments by a small neotropical primate (*Callithrix jacchus*) in a semiarid Caatinga environment. *The Scientific World Journal*, 2014.

- Lawton, J. H. (1994). Population dynamic principles. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 344(1307), 61-68.
- Leal, I. R., Silva, J. D., Tabarelli, M., & Lacher Jr, T. E. (2005). Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, 1(1), 139-146.
- Lewis, JS, Wartzok, D., & Heithaus, MR (2011). Espécies de fissão-fusão altamente dinâmicas podem exibir liderança quando viajam. *Ecologia Comportamental e Sociobiologia* , 65 , 1061-1069.
- Lima, S. M. Q., Ramos, T. P. A., da Silva, M. J., & de Souza Rosa, R. (2017). Diversity, distribution, and conservation of the Caatinga fishes: advances and challenges. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, 97-131.
- Lôbo, D., Leão, T., Melo, F. P., Santos, A. M., & Tabarelli, M. (2011). Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. *Diversity and Distributions*, 17(2), 287-296.
- Lonsdorf, EV, & Sanz, CM (2022). Perspectivas comportamentais e cognitivas sobre a evolução do uso de ferramentas de chimpanzés selvagens. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 46, 101144.
- Machado, I. C. S., Barros, L. M., & Sampaio, E. V. S. B. (1997). Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. *Biotropica*, 29, 57–68.
- Mann, J., & Patterson, E. M. (2013). Tool use by aquatic animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1630), 20120424.
- Mann, J., Stanton, M. A., Patterson, E. M., Bienenstock, E. J., & Singh, L. O. (2012). Social networks reveal cultural behaviour in tool-using dolphins. *Nature communications*, 3(1), 980.
- Matte, A.L.L., Buss, G., Fialho, M., Becker, F.G., Jerusalinsky, L., de Lacerda, J.C., Santos, P.J.P. and Bezerra, B. (2024), How do landscape and life history traits contribute to the threat context of Brazilian primates?. *Anim. Conserv.*, 27: 267-280.
- Matthews, J. K., Ridley, A., Kaplin, B. A., & Grueter, C. C. (2021). Ecological and reproductive drivers of fission-fusion dynamics in chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) inhabiting a montane forest. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 75, 1-9.
- Medeiros, K., Bastos, M., Jones, G., & Bezerra, B. (2019). Behavior, diet, and habitat use by blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) in a coastal area prone to flooding: direct observations and camera trapping. *International Journal of Primatology*, 40, 511-531.
- Mendes Pontes, A. R., Normande, I. C., Fernandes, A. C., Ribeiro, P. F. R., & Soares, M. L. (2007). Fragmentation causes rarity in common marmosets in the Atlantic forest of northeastern Brazil. *Vertebrate Conservation and Biodiversity*, 349-356.
- Mendoza, I., Peres, C. A., & Morellato, L. P. C. (2017). Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: A quantitative Neotropical review. *Global and Planetary Change*, 148, 227-241.
- Mesquita, D. O., Costa, G. C., Garda, A. A., & Delfim, F. R. (2017). Species composition, biogeography, and conservation of the Caatinga lizards. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, 151-180.

- Meulman, E. J., & van Schaik, C. P. (2013). Orangutan tool use and the evolution of technology. *Tool use in animals: Cognition and ecology*, 176-202.
- Ministério do Meio Ambiente. (2014). **Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 444, de 17 de dezembro de 2014.** Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçada de Extinção. Diário Oficial da União – Seção 1, p. 245.
- Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M., & Gascon, C. (2011). Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In *Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas* (pp. 3-22). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Monteiro da Cruz, A. M. D., & Ades, C. (1998). Dinâmica reprodutiva de uma população de sagüi-do-nordeste (*Callithrix jacchus*) na Estação Ecológica do Tapacurá, Pernambuco.
- Moraes, B., Razgour, O., Souza-Alves, J. P., Boubli, J. P., & Bezerra, B. (2020). Habitat suitability for primate conservation in north-east Brazil. *Oryx*, 54(6), 803-813
- Morellato, L. P. C. & Haddad, C. F. B. (2000.) Introduction: The Brazilian atlantic forest. *Biotropica*, v. 32, n. SPEC. ISS., p. 786–792.
- Morellato, L. P. C., Alberton, B., Alvarado, S. T., Borges, B., Buisson, E., Camargo, M. G. G., ... & Peres, C. A. (2016). Linking plant phenology to conservation biology. *Biological conservation*, 195, 60-72.
- Moura, A. C. D. A., & McConkey, K. R. (2007). The capuchin, the howler and the Caatinga forest: Seed dispersal by monkeys in a threatened Brazilian biome. *American Journal of Primatology*, 60, 220–226.
- Moura, M. R., Oliveira, G. A., Paglia, A. P., Pires, M. M., & Santos, B. A. (2023). Climate change should drive mammal defaunation in tropical dry forests. *Global Change Biology*, 29(24), 6931-6944
- Murphy, P. G., & Lugo, A. E. (1986). Ecology of tropical dry forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 67–88.
- van Schaik, C. P., Terborgh, J. W., & Wright, S. J. (1993). The phenology of tropical forests: Adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24, 353–377.
- Musgrave, S., Lonsdorf, E., Morgan, D., & Sanz, C. (2021). A ontogenia da coleta de cupins entre os chimpanzés no Triângulo de Goulougo, República do Congo. *Jornal americano de antropologia física*, 174 (2), 187-200.
- Nagy-Reis, M. B., & Setz, E. Z. (2017). Foraging strategies of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*) in relation to food availability in a seasonal tropical forest. *Primates*, 58, 149-158.
- O'Hara, M., Mioduszewska, B., Mundry, R., Haryoko, T., Rachmatika, R., Prawiradilaga, DM, ... & Auersperg, AM (2021). Cacatuas selvagens de Goffin fabricam e usam conjuntos de ferramentas de forma flexível. *Current Biology*, 31 (20), 4512-4520.
- Oliveira, M. D. & Langguth, A. (2006). Rediscovery of Marcgraves capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). *Boletim do Museu Nacional*, 523, 1-16.

- Oliveira, M. D. & Langguth, A. (2006). Rediscovery of Marcgraves capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). *Boletim do Museu Nacional*, 523, 1-16.
- Otoni, E. B., & Izar, P. (2008). Capuchin monkey tool use: overview and implications. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 17(4), 171-178.
- Oxley, A., & Jovan, B. K. (2019). Stick tool use by chimpanzees in a forest fragment in Uganda's Budongo-Bugoma corridor: preliminary observations from Kasongire. *Revue de primatologie*, (10).
- Pinto, L. P., Bedê, L., Paese, A., Fonseca, M., Paglia, A., & Lamas, I. (2006). Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. *Biologia da conservação: essências. São Carlos: RiMa*, 91-118.
- Pinto, M. P., Beltrão-Mendes, R., Talebi, M., & de Lima, A. A. (2023). Primates facing climate crisis in a tropical forest hotspot will lose climatic suitable geographical range. *Scientific Reports*, 13(1), 641.
- Printes, R.C., Jerusalinsky, L., Alonso, A.C. & Mittermeier, R.A. (2021). *Callicebus barbarabrownae* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red*
- Renton, K., & Salinas-Melgoza, A. (2004). Climatic variability, nest predation, and reproductive output of Lilac-crowned Parrots (*Amazona finschi*) in tropical dry forest of western Mexico. *The Auk*, 121(4), 1214-1225.
- Rezende, C. L., Scarano, F. R., Assad, E. D., Joly, C. A., Metzger, J. P., Strassburg, B. B. N., ... & Mittermeier, R. A. (2018). From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in ecology and conservation*, 16(4), 208-214.
- Ricklefs, R.E. (1996). *A economia da natureza*. Editora Guanabara Koogan.
- Rindler, R. C. (2014). Fallback strategy and tool use: floristic composition in the caatinga forest and cerrado and its impact on diet and tool-using behavior of capuchin monkeys.
- Rodrigues, M. A. (2017). Female spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) cope with anthropogenic disturbance through fission–fusion dynamics. *International journal of primatology*, 38, 838-855.
- Roffman, I., Savage-Rumbaugh, S., Rubert-Pugh, E., Stadler, A., Ronen, A., & Nevo, E. (2015). Preparo e uso de diversas ferramentas naturais para forrageamento extrativista por bonobos (*Pan paniscus*). *American Journal of Physical Anthropology*, 158 (1), 78-91.
- Rylands, A. B., Mittermeier, R. A., Nome, N., & Nobody, N. (2024). Taxonomy and Systematics of the Neotropical Primates: A Review and Update. *Frontiers in Conservation Science*, 5, 1391303.
- Sainsbury, K. J. (1982). Population dynamics and fishery management of the paua, *Haliotis iris* I. Population structure, growth, reproduction, and mortality. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 16(2), 147-161.
- Sampaio, Y., & Batista, J. E. M. (2004). Desenvolvimento regional e pressões antrópicas no bioma Caatinga. *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*, 311-324.

- Santos JC, Leal IR, Almeida-Cortez JS, Fernandes GW, Tabarelli M. (2011). Caatinga: The Scientific Negligence Experienced by a Dry Tropical Forest. *Tropical Conservation Science*, 4(3):276-286.
- Scarano, F. R., & Ceotto, P. (2015). Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. *Biodiversity and Conservation*, 24(9), 2319-2331.
- Scarano, F. R.; Ceotto, P. (2015) Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. *Biodiversity and Conservation*, v. 24, n. 9, p. 2319–2331, 23 set.
- Schülke, O., & Ostner, J. (2012). Ecological and social influences on sociality. *The evolution of primate societies*, 195-219.
- Seed, A., & Byrne, R. (2010). Animal tool-use. *Current biology*, 20(23), R1032-R1039.
- SEMAS-PE (2024). Plano de Ação Estadual para a conservação de Primatas de Pernambuco. Recife.
- Sena, L. M. M. de. (2011). Conheça e Conserve a Caatinga - O Bioma Caatinga. Vol. 1. Fortaleza: Associação Caatinga. 54p.
- Shumaker, R. W., Walkup, K. R., & Beck, B. B. (2011). *Animal tool behavior: the use and manufacture of tools by animals*. JHU Press.
- Singh, S. P. (1998). Chronic disturbance, a principal cause of environmental degradation in developing countries. *Environmental conservation*, 25(1), 1-2.
- Souto, A., Bione, C. B., Bastos, M., Bezerra, B. M., Fragaszy, D., & Schiel, N. (2011). Critically endangered blonde capuchins fish for termites and use new techniques to accomplish the task. *Biology Letters*, 7(4), 532-535.
- Souza-Alves, J. P., Caselli, C. B., Gestich, C. C., & Nagy-Reis, M. B. (2019). Should I store, or should I sync? The breeding strategy of two small Neotropical primates under predictable resource availability. *Primates*, 60(2), 113-118.
- Spagnoletti, N., Visalberghi, E., Verderane, MP, Ottoni, E., Izar, P., & Fragaszy, D. (2012). Uso de ferramentas de pedra em macacos-prego barbudos selvagens, *Cebus libidinosus*. É uma estratégia para superar a escassez de alimentos?. *Animal Behaviour*, 83 (5), 1285-1294.
- Stoner, K. E., & Timm, R. M. (2011). Seasonally dry tropical forest mammals: adaptations and seasonal patterns. *Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation*, 85-106.
- Tabarelli, M., Pinto, L. P., Silva, J. M. C., Hirota, M. M., & Bedê, L. C. (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, 1(1), 132-138.
- Teixeira, L. P., Lughadha, E. N., Silva, M. V. C. D., & Moro, M. F. (2021). How much of the Caatinga is legally protected? An analysis of temporal and geographical coverage of protected areas in the Brazilian semiarid region. *Acta Botanica Brasilica*, 35, 473-485.
- Torres, R. R., Lapola, D. M., & Gamarra, N. L. R. (2017). Future climate change in the Caatinga. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, 383-410.
- Valença-Montenegro, Mônica Mafra Valença. Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba. 2011. Tese de Doutorado. Universidade

de São Paulo.

Valença-Montenegro, M.M., Bezerra, B.M., Martins, A.B., Jerusalinsky, L., Fialho, M.S. & Lynch Alfaro, J.W. (2021). *Sapajus flavius* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T136253A192592928. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T136253A192592928.en>. Accessed on 06 June 2023.

Valença-Montenegro, M.M., Bezerra, B.M., Martins, A.B., Jerusalinsky, L., Fialho, M.S. & Lynch Alfaro, J.W. (2021). *Sapajus flavius* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T136253A192592928. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T136253A192592928.en>. Accessed on 06 June 2023.

Visalberghi, E., Addessi, E., Truppa, V., Spagnoletti, N., Ottoni, E., Izar, P., & Frigaszy, D. (2009). Selection of effective stone tools by wild bearded capuchin monkeys. *Current Biology*, 19(3), 213-217.

Vogel, E. R., Haag, L., Mitra-Setia, T., Van Schaik, C. P., & Dominy, N. J. (2009). Foraging and ranging behavior during a fallback episode: *Hylobates albibarbis* and *Pongo pygmaeus wurmbii* compared. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 140(4), 716-726.

Wright SJ & Calderón O (2018) Solar irradiance as the proximate cue for flowering in a tropical moist forest. *Biotropica* 50(3):374-383.

Yamamoto, S., Humle, T., & Tanaka, M. (2013). Base para evolução cultural cumulativa em chimpanzés: aprendizagem social de uma técnica de uso de ferramentas mais eficiente. *PLoS One*, 8(1), e55768.

4. PARTE 2 - ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E BIOMÉTRICOS

PARTE 2.1 - PADRÃO POPULACIONAL E AVALIAÇÃO BIOMÉTRICA EM MACACO-PREGO-GALEGO (*Sapajus flavius*) DA MATA ATLÂNTICA E CAATINGA

4.1 INTRODUÇÃO

Para primatas, a abundância ou a manutenção das populações pode ser limitada pela sazonalidade dos recursos (Hanya & Chapman, 2013). Ambientes com alta disponibilidade e diversidade de recursos contribuem para o aumento na densidade de primatas (Chapman & Balcomb, 1998; Stevenson, 2001). Por outro lado, em florestas tropicais secas, o severo período seco impacta negativamente o tamanho de populações de primatas, pois causa redução de recursos alimentares disponíveis e consequente diminuição nas taxas de fecundidade e sobrevivência (Lee & Hauser, 1998; Gould et al., 1999). O tipo de floresta também pode vir a influenciar na abundância de primatas (Ganzhorn et al., 1999; Peres, 1999; Peres & Dolman, 2000). Por exemplo, áreas com uma menor diversidade de plantas e homogeneamente estruturadas apresentam um menor número de primatas (Gupta & Chivers, 1999; Peres, 1999). Neste sentido, ambientes de floresta tropical úmida como a Mata Atlântica tendem a favorecer a maior produção de frutos com polpa (i.e. maior facilidade de acesso aos nutrientes e maior disponibilidade), portanto, favorecendo uma maior abundância de primatas. O oposto é verdadeiro para o ambiente da Caatinga, onde a presença de frutos carnosos e a diversidade na composição de plantas é menor (i.e. dificultoso acesso aos nutrientes) (Stevenson, 2001; Hanya et al., 2001).

Na busca por ampliar o consumo de alimentos, muitas espécies desenvolvem habilidades de criação e manipulação de ferramentas que facilitam a obtenção desses recursos alimentares (Seed & Byrne, 2010; Grund et al., 2019; Rindler, 2014). Dentre as ferramentas utilizadas pelos animais estão as ferramentas percussivas, em que pedras podem ser utilizadas como martelos para quebrar frutos duros (Falótico et al., 2019; Izar et al., 2022; Falótico et al., 2022). Alguns estudos apontam que o tamanho corporal dos primatas pode influenciar o tipo de ferramentas de pedra que eles usam e a forma como as usam (Fragaszy et al., 2010; Spagnoletti et al., 2011). Por exemplo, primatas maiores têm a capacidade física de levantar as pedras usadas como martelos a uma altura maior, e consequentemente gerar maior energia cinética para a quebra de frutos mais duros (Liu et al., 2009). Os macacos-pregos (*Sapajus* spp.), por exemplo, são conhecidos por suas habilidades manuais ao utilizarem pedras como ferramentas (Ottoni & Izar, 2008; Moraes et al., 2014; Falótico et al., 2018; Falótico et al., 2019; Lima et al., 2024).

O macaco-prego-galego (*Sapajus flavius*) é uma espécie de primata endêmica do nordeste do Brasil, ocorrendo em fragmentos de Mata Atlântica (Fialho et al., 2014; Oliveira & Langguth, 2006) e na Caatinga (Garcia et al., 2020; Ferreira et al., 2009; Martins et al., 2023).

Embora não tenhamos ainda muitas informações para a espécie na Caatinga (ver Garcia et al., 2020; Ferreira et al., 2009), na Mata Atlântica sabe-se que a espécie tem uma dieta primariamente composta por frutos, é um forrageador ativo, arborícola que utiliza diferentes estratos florestais (desde a copa das árvores até o chão da floresta) (Medeiros et al., 2019; Lins & Ferreira, 2019; Freire Filho, 2022). Além disso, na Mata Atlântica costumam formar grupos multi-machos e multi-fêmeas que variam de 2 a 150 indivíduos; apresenta proporção de fêmeas adultas superior ou igual ao dos machos e igual para adultos e jovens (Valença-Montenegro, 2011; Medeiros et al., 2019; Bezerra et al., 2014). As informações existentes sobre demografia e biometria do macaco-prego-galego estão restritas à Mata Atlântica (Medeiros et al., 2019; Bezerra et al., 2014; Oliveira & Langguth, 2006; Mendes Pontes et al., 2007). Na Caatinga, existem apenas dados sobre a evidência e registro do uso de ferramentas (Ferreira et al., 2009; Garcia et al., 2020; Lima et al., 2024), estudos genéticos (Martins et al., 2023) e ligados à distribuição geográfica (Ferreira et al., 2009; Lins et al., 2022).

O macaco-prego-galego está listado como “Em Perigo” na lista vermelha de espécies ameaçadas nacional e internacional (Valença-Montenegro et al., 2021; MMA, 2014). Além disso, o primata integra o grupo de espécies-alvo do Plano de Ação Nacional dos Primatas do Nordeste (PAN PRINE) (ICMBio, 2018), do Plano de Ação Estadual para Conservação de Primatas de Pernambuco (PAEPriPE) (SEMAS-PE, 2024) e do Plano de Ação Estadual para Conservação do Macaco-prego-galego na Caatinga de Alagoas (PAE-Galego) (Ministério Público de Alagoas, 2024). Entender aspectos ecológicos e comportamentais do macaco-prego-galego em todos os biomas em que ocorre, irá auxiliar no entendimento das reais necessidades de conservação da espécie, bem como elucidar aspectos adaptativos de primatas para sobreviver em áreas com características morfoclimáticas diferentes. Portanto, este capítulo tem como objetivo comparar aspectos demográficos (número de indivíduos, sexo, faixa etária) e biométricos (o comprimento do braço e antebraço) de *Sapajus flavius* entre o ambiente de Caatinga e Mata Atlântica. Para isso, testou-se as predições de que i) o tamanho do grupo de macaco-prego-galego será positivamente correlacionado com as áreas com maior previsibilidade e disponibilidade de alimento, ii) quanto maior as dimensões do braço e antebraço dos indivíduos (como estimativa de tamanho corporal), maior será a probabilidade de utilizar ferramenta para a exploração de alimento, e esta resposta também pode diferir entre áreas e sexo.

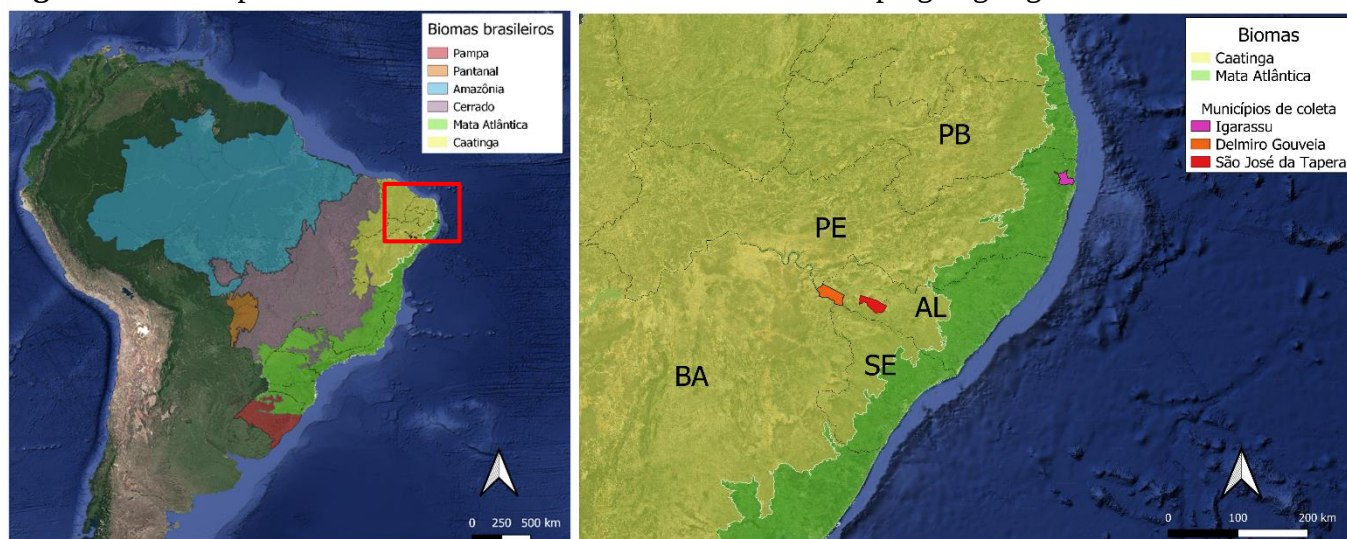
4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em duas formações florestais: Caatinga e Mata Atlântica. O fragmento de Mata Atlântica está localizado no município de Igarassu (7°50'33.72" S, 34°54'26.78" O), no estado de Pernambuco (Figura 4). Este fragmento de Mata Atlântica (340 ha) possui uma composição florística com a predominância de espécies de árvores das famílias Myrtaceae, Melastomataceae, Malvaceae e Sapotaceae (Melo et al., 2011). A densidade de árvores é 22,3 plantas/ha e a área basal da comunidade de plantas é 5,11 m²/ha (Guedes et al., 2022). Nesta área, a precipitação média anual é de 1.975 mm (APAC, 2022) e a temperatura média de 26,3°C (INMET, 2019). O fragmento está inserido em uma matriz de cana-de-açúcar (Trindade et al., 2008) e está adjacente à Área de Proteção Ambiental Aldeia Beberibe (Figura 3).

As áreas de Caatinga estão situadas nos municípios de São José da Tapera (9°33'24.31" S, 37°22'49.25" O), Delmiro Gouveia (9°22'51.63" S, 38° 0'17.89" O) e Olho d'Água do Casado (9°30'8.38" S, 37°49'54.43" O), no estado de Alagoas (Figura 4). No município de São José da Tapera, as coletas ocorreram nos limites da Reserva Particular do Patrimônio Natural Morro da Torre, enquanto que em Olho d'Água do Casado e Delmiro Gouveia, dentro dos limites da Unidade de Conservação Federal Monumento Natural do Rio São Francisco. A precipitação no sertão alagoano varia entre 400 a 600 mm e o déficit hídrico pode ultrapassar 900 mm na região de Delmiro Gouveia, com a temperatura anual variando entre 17°C e 33°C (Barros et al., 2012). A vegetação da área é formada por arbustos e árvores, com predominância das famílias Malpighiaceae, Bignoniaceae e Euphorbiaceae (Velloso et al., 2002). A área tem uma matriz com diferentes feições, sendo área de Caatinga *sensu stricto*, pasto, agricultura em pequena escala (e.g. milho) e áreas com a presença humana.

Figura 4. Municípios onde ocorreu o monitoramento dos macacos-pregos-galegos no nordeste do Brasil.

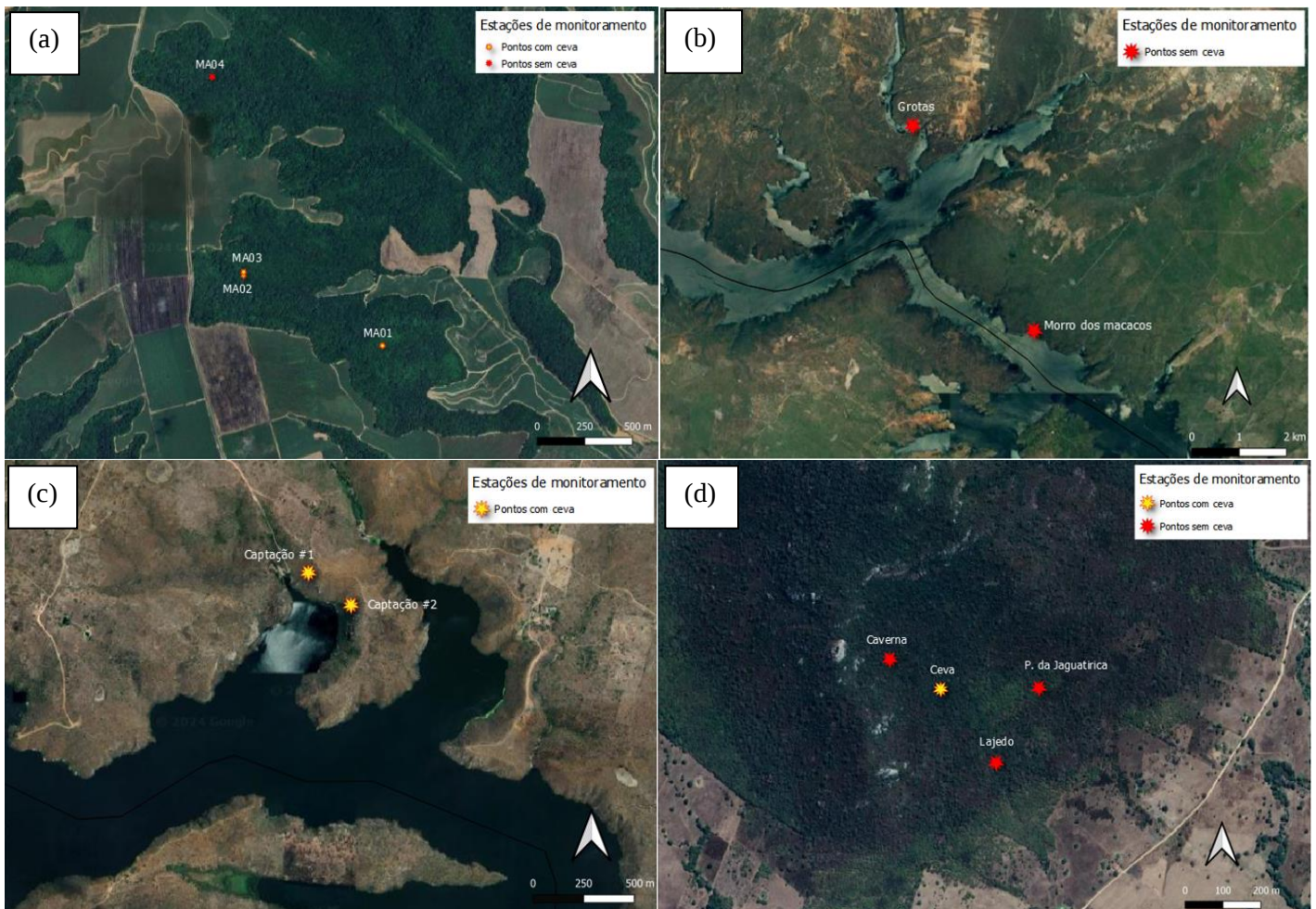


Fonte: Google satellite

4.2.2 MONITORAMENTO DO MACACO-PREGO-GALEGO

A partir da amostragem piloto (5 dias em Julho/2022), foram escolhidas áreas com, ao menos, a presença de um grupo de macacos-prego-galego. Para isso, 12 estações de monitoramento foram selecionadas. Dessas, seis (três em cada formação vegetacional) foram compostas por ceva (1 kg de milho seco e/ou frutas), e seis sem ceva (uma estação de monitoramento no fragmento de Mata Atlântica e cinco estações na Caatinga) (Figura 5). A escolha das estações de monitoramento onde a ceva foi colocada focou em locais mais isolados, com baixo fluxo de humanos, visando reduzir os riscos aos animais. Para reduzir a autocorrelação espacial dos pontos amostrados nas diferentes áreas, a distância entre as estações de monitoramento variou de 160 m a 55 km na Caatinga. Enquanto que na Mata Atlântica a distância variou de 24 m a 2 Km.

Figura 5. Estações de armadilhamento fotográfico localizadas nos estados de Alagoas (AL) e Pernambuco (PE), nordeste do Brasil.



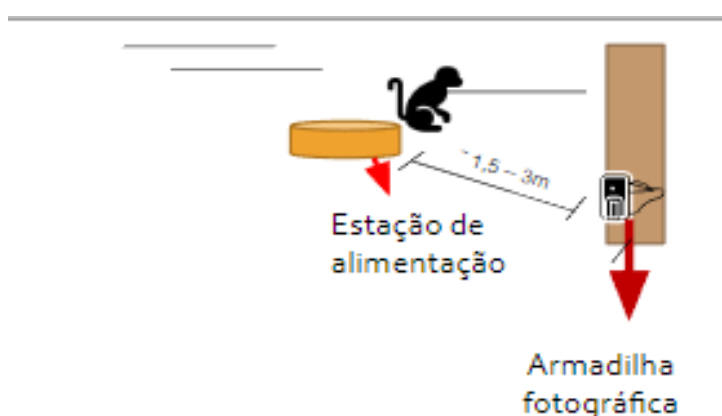
Legenda: **(a)** Localização das quatro estações de monitoramento no município de Igarassu-PE. **(b)** Localização das duas estações de monitoramento no município de Olho d'água do Casado - AL, separado do estado de Sergipe pelo rio São Francisco. **(c)** Localização de duas estações de monitoramento no município de Delmiro Gouveia - AL, fronteira com o estado da Bahia. **(d)** Localização de quatro estações de monitoramento no município de São José da Tapera - AL.

Fonte: Google satellite.

4.2.1 MONITORAMENTO PASSIVO POR IMAGEM DO MACACO-PREGO-GALEGO

De setembro de 2022 a março de 2023 (total de 1.618 dias de armadilhamento fotográfico), populações do macaco-prego-galego foram monitoradas passivamente através de armadilhamento fotográfico em ambas formações florestais. Em cada estação de monitoramento, uma armadilha fotográfica foi instalada a uma distância que possibilitasse o registro adequado de toda a ação dos grupos de macaco-prego-galego estudado. As armadilhas foram fixadas em troncos de árvores a uma altura entre 30 cm e 40 cm do solo, com correntes e cadeados visando reduzir potenciais perdas (e.g. roubos ou deslocamento da armadilha por parte dos animais). Buscou-se árvores distando entre 1,5 m e 3 m dos locais das cevas. Nas estações de monitoramento com ceva, estas foram posicionadas no solo, fixadas com arame galvanizado às árvores mais próximas (adaptado do protocolo estabelecido por Bezerra et al., 2014) (Figura 6). Para a captura dos registros, utilizou-se 12 armadilhas fotográficas (modelos Câmera Suntek HC- 801a, Bushnell Prime Low-Glow, UOVision UV557). As armadilhas foram programadas para registrar vídeos com 60 segundos de duração, a intervalos de 5 segundos (ver Medeiros et al., 2019). Os vídeos foram capturados na resolução de 360 a 1080 pixels nos formatos VGA e HD. As armadilhas fotográficas permaneceram ativas durante 30 dias; realizamos incursões a campo com duração de 3-4 dias/mês a fim de inspecionar as condições das armadilhas, trocar cartões de memória e baterias.

Figura 6. Esquema das estações de monitoramento com ceva.

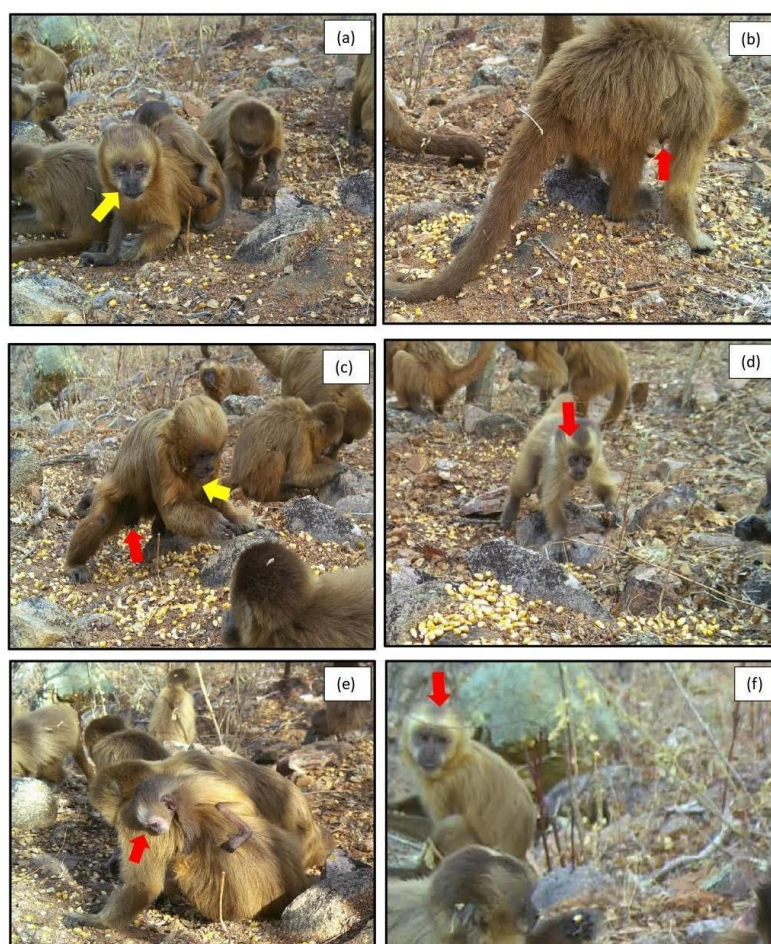


Fonte: A autora.

4.2.3 COLETA DE DADOS DEMOGRÁFICOS

Para a obtenção dos dados demográficos das populações de macaco-prego-galego monitoradas neste estudo, foram incluídos todos os pontos que tiveram registros de visitas. Primeiramente, foi considerado que as visitas dos grupos de macacos-prego-galego às estações de monitoramento foram independentes quando houve um intervalo de pelo menos 1 hora entre elas (Bezerra et al., 2014; Tan et al., 2013). Então, foi registrado o número máximo de indivíduos por visita a partir da contagem máxima dos indivíduos visualizados durante o tempo total do mesmo vídeo. Os indivíduos presentes durante a contagem máxima, quando possível, foram categorizados de acordo com sua classificação sexo/etária (Figura 7) ou como indivíduos não identificados (NI).

Figura 7. Categorias sexo-etária utilizadas para macaco-prego-galego nas análises do presente estudo, seguindo Medeiros et al. (2019).



Legenda: **(a)** Fêmea adulta identificada pela moldura do rosto em formato de coração e bochechas mais claras (seta amarela). **(b)** Fêmea adulta identificada pelos seios proeminentes (seta vermelha). **(c)** Macho adulto identificado pela presença de uma pregueira de pele no pescoço chamada de barbela (seta amarela) e pelos testículos (seta vermelha). **(d)** A seta vermelha

aponta para um Juvenil, indivíduo não carregado, identificado pelo tamanho corporal igual ou maior que o tronco de uma fêmea e corpo esguio. **(e)** A seta vermelha aponta para um infante (carregado por um adulto). **(f)** A seta vermelha aponta para um subadulto, identificado pelo tamanho superior ao de um juvenil e coloração do pêlo ao redor do rosto mais clara.

Foram observadas 38 visitas de macacos-pregos-galegos a seis das oito estações de monitoramento na Caatinga (N = 603 vídeos). Esse total foi dividido em três visitas à estação de monitoramento ponto Ceva, oito à Caverna, dois à Lajedo, sete à Captação #1, 17 à Captação #2 e um à Grotas. O ponto Morro dos Macacos e o ponto da Jaguatirica não registraram visitas. Por fim, foram analisados 190 vídeos para a obtenção dos dados demográficos. Destes, 13 vídeos foram registrados na estação da Ceva, 52 na Caverna, três na Lajedo, 33 na Captação #1, 88 na Captação #2 e um nas Grotas. Na Mata Atlântica, foram 64 visitas a três das quatro estações de monitoramento (N = 1718 vídeos). As visitas foram divididas em 17 ao ponto MA01, 25 ao ponto MA02 e 24 ao ponto MA03. O ponto MA04 não registrou visitas dos macacos. Foram analisados 476 vídeos da Mata Atlântica. No ponto MA01 foram 143 vídeos, 175 vídeos no ponto MA02 e 158 vídeos no ponto MA03.

4.2.4 COLETA DE DADOS BIOMÉTRICOS

O software AragoJ para Windows (Aleixo et al., 2020) foi usado para realizar as medições do comprimento do braço e antebraço dos indivíduos de macaco-prego-galego registrados na Caatinga e Mata Atlântica, de acordo com Liu et al. (2009). Para isso, os vídeos gravados pelas armadilhas fotográficas foram cortados, e seus *frames* (cada frame é uma imagem fixa que captura um momento específico do vídeo) em formato .PNG resolução RGB analisados. Foi utilizado este formato devido a reduzida perda na qualidade da imagem e maior compactação. Visando obter dados robustos e comparáveis dentro da amostra, as medidas foram tomadas apenas em indivíduos adultos, seguindo a classificação sexo-etária apresentada por Medeiros et al. (2019). Além disso, para reduzir potenciais problemas com as medições, apenas os indivíduos em posição sentado ou quadrupedal (Figura 8), ao lado dos comedouros, com base em frames dos vídeos feitos pelas armadilhas fotográficas, foram medidos. Para a calibração das medidas, o comedouro foi usado como escala (25 cm) para as medições e foi assumido que os membros de ambos os lados do corpo são simétricos.

Figura 8. Imagem (frame) para ilustrar a posição sentado (a) e quadrúpede (b) dos indivíduos de macaco-prego-galego para a aferição das medidas de comprimento a partir do software AragoJ (Aleixo et al., 2020).



4.2.5 ANÁLISE DE DADOS

Devido à grande quantidade de vídeos obtidos, foram escolhidos aleatoriamente 10 vídeos/visita para a coleta de dados e análises (incluindo sempre o primeiro e o último vídeo da visita) (adaptado de Medeiros et al., 2019). Em cada vídeo selecionado foi coletado os seguintes parâmetros: data, hora, número máximo de indivíduos, classificação sexo/etária dos indivíduos a partir de caracteres morfológicos, primeiro indivíduo a chegar (momento 0 segundos) e último indivíduo a deixar a estação de monitoramento (Medeiros et al., 2019).

Para a aplicação dos testes estatísticos coerentes com o desenho amostral, cada área foi considerada uma unidade amostral devido à falta de independência dos pontos amostrais quando correlacionado à localização geográfica de cada armadilha fotográfica com o número total de visitas em cada uma delas (Correlação de Mantel com 10000 aleatorizações: $r = 0,65$; $p = 0,010$). Para o cálculo da proporção sexo/etária dentro dos grupos, os registros dos indivíduos classificados como subadultos, juvenis e infantes foram agrupados como jovens.

Foi realizado um teste de Qui-quadrado (χ^2) para comparar as duas áreas de Caatinga entre si, e com a área de Mata Atlântica quanto à variação na composição dos grupos de macacos-prego-galego.

Visando verificar a relação entre a área (São José da Tapera, Delmiro Gouveia, Igarassu) e o sexo (macho e fêmea) quanto as dimensões dos macacos-prego-galegos (tamanho de braço e antebraço) foi realizado um Modelo Linear Generalizado (GLM). Para isso, utilizou as dimensões como variáveis preditivas, e a área e o sexo como variáveis explicativas. Antes de realizar o GLM, a homogeneidade de variâncias dos resíduos e a superdispersão (*overdispersion*) para verificar a normalidade dos dados foi testadas usando o pacote DHARMA (Hartig, 2022). Os dados se apresentaram dentro da normalidade. O modelo testado utilizou a distribuição Gamma para as variáveis preditivas com o função *link log*. Para verificar o papel de cada variável explicativa dentro do modelo, utilizou um teste de Qui-quadrado. A multicolinearidade das variáveis foram testadas utilizando a Variância da Inflação do Fator utilizando a função *vif* do pacote *car* (Fox & Weisberg, 2019). Todas as variáveis apresentaram valor de *vif* < 2, assim, não se apresentando correlatas (Zuur et al., 2009). Para essas análises foram utilizados os pacotes *lme4* (Bates et al., 2015), *readr* (Wickham & Hester, 2021), e o *ggplot2* (Wickham, 2016) para a elaboração dos gráficos. O intervalo de confiança de 95% a partir da distribuição de T foi calculado para as variáveis preditivas visando reforçar os resultados encontrados nas comparações. Todas as análises foram realizadas no software RStudio versão 1.1.46 (RStudio Team 2019).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 NÚMERO DE INDIVÍDUOS E CLASSIFICAÇÃO SEXO-ETÁRIA

O tamanho do grupo de macacos-prego-galego registrado foi, em média, maior na Mata Atlântica (Tabela 1). Dentre as áreas, o tamanho médio dos grupos de macacos-prego-galego registrado em São José da Tapera foi aproximadamente duas vezes menor ($3,08 \pm 2,4$ indivíduos / visita [1 – 7]) do que aquele registrado no fragmento de Mata Atlântica em Igarassu ($6,52 \pm 4,92$ indivíduos / visita [1 – 23]); quando comparado com o grupo registrado em Delmiro Gouveia ($4,67 \pm 3,8$ indivíduos / visita [1 - 16]), o tamanho de grupo em Igarassu também foi maior (ver acima).

Foi possível identificar com confiabilidade a classificação sexo/etária em 34 (53%) das 64 visitas na Mata Atlântica, e em 26 (68%) das 38 visitas na Caatinga. A totalidade dos grupos de macacos-pregos-galegos em ambos os biomas foi formada por 45,7% de machos e fêmeas adultos e 54,3% de outros indivíduos jovens (subadultos, juvenis e infantes) (Tabela 1). Quando comparado, não foi verificado variação na composição dos grupos dentre as áreas de

Caatinga (Delmiro Gouveia vs. São José da Tapera: $\chi^2 = 2,926$; gl = 4, $p = 0,572$), e entre a área de Mata Atlântica e as duas áreas de Caatinga separadamente (Igarassu vs. São José da Tapera: $\chi^2 = 3,074$, gl = 4, $p = 0,545$; Igarassu vs. Delmiro Gouveia: $\chi^2 = 0,355$, gl = 4, $p = 0,986$).

O grupo de macacos-prego-galego habitando a área de Caatinga em São José da Tapera apresentou uma proporção, de até quatro vezes mais machos (M) do que fêmeas (F) (M:F = 4:1) e 2,5 vezes mais adultos do que jovens (A:J = 2,5:1). Quanto ao grupo observado em Delmiro Gouveia, as proporções foram bastante próximas (M:F = 1,3:1 e A:J = 1:1,2). Ademais, quanto ao grupo registrado na Mata Atlântica em Igarassu, as proporções foram as seguintes M:F = 2:1 e A:J = 1:1,5.

Tabela 1. Número de indivíduos de cada classificação sexo - etária por população monitorada em duas áreas de Caatinga (Delmiro Gouveia e São José da Tapera / AL) e em uma área de Mata Atlântica (Igarassu / PE), Brasil, de setembro de 2022 a março de 2023.

Classificação e número total de indivíduos de:					
Municípios (Bioma)	Sub-adultos	Infantes	Juvenis	Machos adultos	Fêmeas Adultas
Delmiro Gouveia (Caatinga)	1	2	6	4	3
São José da Tapera (Caatinga)	0	0	2	4	1
Igarassu (Mata Atlântica)	1	3	10	6	3

4.3.2 TAMANHO DO BRAÇO E ANTEBRAÇO DE INDIVÍDUOS DE MACACOS-PREGO-GALEGO

A média do tamanho do braço, antebraço e a razão foram calculados, podendo ser observado que em média os macacos-prego-galegos de São José da Tapera e Igarassu apresentam tamanho de braço e antebraço menores do que os indivíduos de Delmiro Gouveia (Figura 9). Essa tendência é

reforçada a partir do curto intervalo de confiança de 95% apresentando para as médias das dimensões nas três áreas (Tabela 2).

Figura 9. Box-plot representando o tamanho de braço, antebraço e a razão braço:antebraço dos macacos-pregos-galegos por área de estudo. As linhas superior e inferior do box-plot representam o terceiro e o primeiro quartil, respectivamente, e a linha central no interior indica a média.

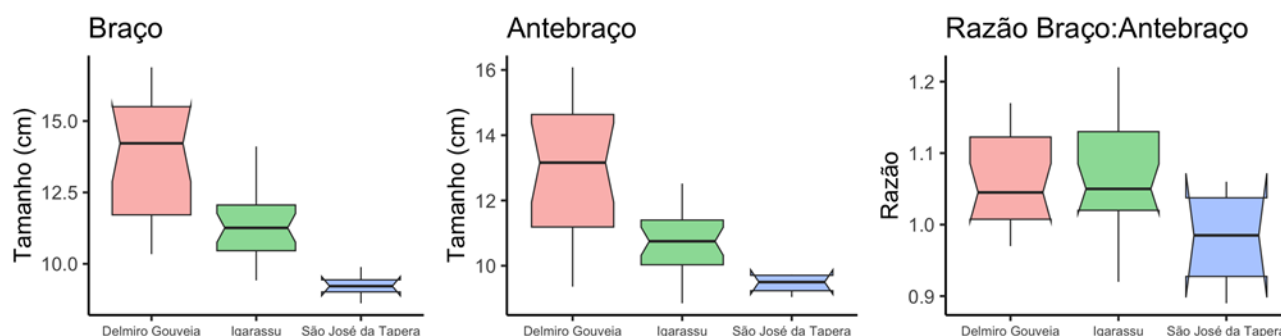


Tabela 2. Intervalos de confiança de 95% (média $\pm$ desvio padrão) extraídos a partir da média do tamanho do braço, antebraço e a razão dos macacos-prego-galegos nas três áreas (São José da Tapera, Delmiro Gouveia e Igarassu).

Áreas			
Variável	São José da Tapera (N= 4)	Delmiro Gouveia (N= 20)	Igarassu (N= 25)
Braço	8,40 - 10,1 (9,23 $\pm$ 0,52)	12,7 - 14,6 (13,7 $\pm$ 2,02)	10,9 - 11,8 (11,4 $\pm$ 1,15)
Antebraço	8,91 - 9,96 (9,44 $\pm$ 0,33)	11,9 - 13,8 (12,9 $\pm$ 2,08)	10,2 - 11,1 (10,7 $\pm$ 1,04)
Razão	0,85 - 1,10 (0,98 $\pm$ 0,08)	1,01 - 1,08 (1,05 $\pm$ 0,07)	1,02 - 1,09 (1,06 $\pm$ 0,08)

A partir do GLM foi possível verificar que a área se mostrou uma variável importante para explicar a variação nas dimensões do braço (área: $\chi^2 = 0,668$; gl = 46, $p = 0,001$; sexo: $\chi^2 = 0,003$; gl = 44, $p = 0,893$) e antebraço (área: $\chi^2 = 0,578$; gl = 46, $p = 0,001$; sexo: $\chi^2 = 0,004$; gl = 44, $p = 0,196$) dos indivíduos. Especificamente, os indivíduos mensurados em São José da Tapera (Caatinga) e Igarassu (Mata Atlântica) apresentam dimensões de braço e antebraço menores do que os indivíduos de Delmiro Gouveia (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado dos modelos (GLM) que explicou a influencia do sexo e área sobre o tamanho de braço e antebraço dos macacos-prego-galegos nas áreas estudadas

Variável preditora	Estimativa	T	P
Braço			
Intercepto	2,6048	64,020	0,001

AreaIgarassu	-0,1859	-4,813	0,001
areaSão José da Tapera	-0,3951	-5,873	0,001
SexoMacho	0,0177	0,413	0,682
SexoMacho	0,0297	0,395	0,695
Antebraço			
Intercepto	2,5099	61,287	0,001
AreaIgarassu	-0,1977	-5,083	0,001
areaSão José da Tapera	-0,3215	-5,873	0,001
sexoMacho	0,0771	0,0431	0,081
sexoMacho	0,0415	0,0759	0,588

4.4 DISCUSSÃO

Este estudo apresentou aspectos populacionais e biométricos de diferentes grupos do ameaçado macaco-prego-galego em áreas de Caatinga e Mata Atlântica no nordeste do Brasil. Os resultados demonstraram que o tamanho médio dos grupos na área de Mata Atlântica foi maior do que nas áreas de Caatinga. Além disso, todos os grupos nas diferentes áreas de estudo tiveram uma maior proporção de indivíduos machos adultos em relação ao de fêmeas adultas, e de adultos em relação a jovens. Todavia, quando comparado às dimensões (tamanho maior de braço e antebraço) dos grupos entre as áreas, foi observado que aqueles vivendo numa área de Caatinga em Delmiro Gouveia apresentaram tamanho de braço e antebraço maior do que os grupos nas outras duas áreas (São José da Tapera e Igarassu). Ademais, a variação no tamanho de braço e antebraço foi explicada pela área e não pelo sexo dos animais. Portanto, esses resultados trazem de forma detalhada os primeiros dados populacionais e biométricos para populações que habitam áreas na Caatinga e compara com os dados já registrados para populações da Mata Atlântica.

A variação no tamanho dos grupos de macacos-prego-galego (2 - 23 indivíduos) está dentro do intervalo que já foi registrado para essa espécie em áreas de Mata Atlântica (2 a 150 indivíduos: Valença-Montenegro, 2011; Bastos et al., 2015; Medeiros et al., 2019; Andrade et al., 2020) e na Caatinga (até 45 indivíduos: Ferreira et al., 2009). Neste estudo, especificamente, a área de Mata Atlântica apresentou valores médios maiores para o tamanho do grupo. A biomassa de recursos disponíveis é um dos fatores que pode estar contribuindo na variação encontrada no tamanho dos grupos entre os biomas. Áreas com maior disponibilidade e previsibilidade de alimento durante o ano todo, e com elevada diversidade de plantas, como a Mata Atlântica, são mais propensas a apresentar um maior número de primatas do que regiões áridas e com menor diversidade de frutos, como a Caatinga. Por exemplo, Stevenson (2001)

encontrou uma maior abundância de primatas frugívoros em áreas com maior disponibilidade de frutos. Ainda, Boubli (1999) e Peres (1994) registraram, no norte do Brasil, um baixo número de primatas em áreas com maior abundância de plantas produtoras de frutos secos do que de frutos carnosos - similar às áreas de Caatinga. Por fim, a estrutura das florestas tropicais são ótimos influenciadores da riqueza de primatas (Gouveia et al., 2014). Até o presente momento, sabemos que o macaco-prego-galego tem uma dieta altamente frugívora em áreas de Mata Atlântica (Lins & Ferreira, 2019; Medeiros et al., 2019) e algumas dessas áreas são floristicamente diversas e muito bem estruturadas (Guedes et al., 2022). Por outro lado, nas áreas de Caatinga, o consumo de frutos secos e encapsulados parece predominar (Ferreira et al., 2009; Garcia et al., 2000; Lima et al., 2024). Além disso, o comportamento social de fissão-fusão que é apresentado por macacos-pregos (Fragaszy et al., 2004) pode ter contribuído para o resultado de tamanho dos grupos, pois a dinâmica social de *Sapajus* pode ser influenciada pela disponibilidade de recursos alimentares (Izar et al., 2012). Portanto, pensando na comparação entre biomas (Caatinga vs. Mata Atlântica), pode ser plausível indicar que a especificidade florística e estrutural de cada ambiente parece ter um papel preponderante para o número de macacos-prego-galegos nas áreas estudadas.

Os grupos de ambos ambientes foram compostos por vários machos, fêmeas, juvenis, subadultos e infantes, seguindo o padrão de sistema multimacho-multifêmea para *Sapajus flavius* (Valença-Montenegro, 2011; Bezerra et al., 2014). Quanto à proporção de machos:fêmeas adultas para a Mata Atlântica e a Caatinga, ambas as áreas apresentaram a proporção de machos maior do que a de fêmeas. Enquanto, a proporção de jovens, foi um pouco maior quanto a de adultos nessas áreas, exceto para o grupo de São José a Tapera que era composto por mais adultos do que jovens. Todavia, outros estudos encontraram uma proporção igual de jovens e adultos, e uma proporção de fêmeas adultas semelhante ou superior a de machos adultos tanto em população de *Sapajus flavius* como de *Cebus olivaceus*, outra espécie de macaco - prego (Robinson, 1988; Valença-Montenegro, 2011). Dessa forma, os grupos de Igarassu e Delmiro Gouveia estão acima da média de juvenis encontrada em outros grupos, o que significa que a taxa de reprodução é elevada. Todavia, o menor número de adultos em relação a jovens pode indicar uma redução na expectativa de vida. Por fim, o grupo de São José da Tapera está abaixo da média de juvenis encontrada em outros grupos, indicando uma reduzida taxa de natalidade; e em todos os grupos a proporção de M:F foi o inverso da encontrada na literatura, sendo registrados mais machos do que fêmeas. Sabe-se que fenômenos climáticos extremos podem desencadear mudanças na fecundidade e mortalidade em massa, com declínios populacionais sincronizados (Campos et al., 2014). Apesar da flexibilidade dos macacos-pregos em explorar uma grande variedade de alimentos alternativos e obter água a partir deles, no estudo de Fedigan et al. (1996) com *Cebus capucinus* em uma floresta seca, foi constatado que grupos com mais machos, são mais capazes de expulsar grupos menores de

áreas com fontes de água, se apropriando delas. Além disso, a demografia de macacos-pregos pode variar de acordo com diversos outros fatores, como a competição intra e intergrupar, disponibilidade de recursos alimentares e habitat adequado, estratégias reprodutivas, a presença de predadores, as interações sociais, as condições climáticas e sazonais e a fragmentação de florestas, reduzindo a taxa de nascimentos e alterando a proporção de M:F (Izar et al., 2012; Smith & Briggs, 2015).

Em macacos-pregos que usam pedras como ferramentas, o movimento para quebrar um fruto seco e encapsulado é realizado com os indivíduos adotando, na maioria das vezes, uma postura bipedal e usando as duas mãos. Essa postura e o uso de ambas as mãos tendem a maximizar a força para quebrar o recurso bem como evitar injúrias no seu corpo devido a posição da pedra (Liu et al., 2009). Além disso, a força aplicada pelos indivíduos é positivamente correlacionada com a distância vertical que a pedra viaja até o alimento (Liu et al., 2009). Logo, é válido esperar que animais com maiores dimensões nos membros superiores (braço e antebraço) tenderão a aplicar uma maior força durante o comportamento de quebrar alimento usando pedras.

Este estudo identificou que o comprimento dos braços e antebraços dos indivíduos na área de Caatinga em Delmiro Gouveia são maiores do que aqueles nas outras áreas. Essa variação morfológica pode estar fortemente associada à necessidade e o frequente uso de pedras para acessar alimentos. Embora exista um registro de uso de gravetos como ferramenta (ver Souto et al., 2011), os macacos-pregos-galegos na Mata Atlântica não usam pedras para a aquisição de recursos alimentares. O acesso aos recursos alimentares explorado pelo macaco-prego-galego em áreas de Mata Atlântica ocorre pela simples e rotineira ação de aproximar-se a uma fonte alimentar (i.e. árvore) de forma, geralmente, quadrupedal e permanecer - frequentemente sentado em um galho - ao lado dos frutos (usualmente distando menos do que 1 m), movimentando os braços para coletar os frutos. A ação ocorre desta forma devido i) a alta quantidade de frutos nas áreas devido à elevada densidade de árvores e ii) pela acentuada disponibilidade de frutos com polpa. Assim, não existe a necessidade de utilizar pedras, já que a força motora tende a ser ínfima, e o movimento do corpo é prático para o consumo do recurso.

A área de Caatinga em São José da Tapera apresenta árvores com área basal similar àquela encontrada na área de Mata Atlântica em Igarassu (Lacerda, 2024), ao contrário de Delmiro Gouveia onde a vegetação é caracterizada pela alta densidade de arbustos, baixa densidade de árvores e a grande presença de rochas (J.P. Souza-Alves, obs. pess.). Além disso, os registros ou evidências quanto ao uso de pedras como ferramentas são apenas para a área em Delmiro Gouveia (ver Lima et al., 2024), e são altamente frequentes (G. Rufino, obs. pess.). Neste sentido, os indivíduos da área de São José da Tapera podem estar explorando recursos alimentares da mesma forma daquelas na Mata Atlântica, e o processo adaptativo para obter alimento (bipedalismo + uso de ferramenta) parece ter ocorrido apenas na outra população na

Caatinga. Mudanças morfológicas em virtude da rotina de bipedalismo (11 anos de estudo) modificou consideravelmente os ossos dos membros posteriores em indivíduos de *Macaca fuscata* (Nakatsukasa et al., 1995). Portanto, como sugerido por Liu et al. (2009), a rotina bipedal para acessar recursos usando pedras somado a característica da área (elevada presença de frutos com polpa) parece fortalecer a nossa hipótese de que indivíduos de macacos-prego-galego em áreas mais propensas ao uso de ferramentas tendem a ser maiores.

Neste estudo verificou-se que características intrínsecas de cada área estão atuando sobre aspectos demográficos e de tamanho de braço e antebraço nas populações de macacos-prego-galegos. Aqueles ambientes que oferecem uma maior quantidade, melhor qualidade e o mais acessível alimento parecem estar contribuindo para a presença de grandes grupos que possuem menor tamanho de braço e antebraço. Contrariamente, o ambiente com alimentos de difícil acesso (frutos secos) e o uso de ferramentas está apresentando um reduzido tamanho de grupo, com braços e antebraços maiores. Portanto, os resultados suportam ambas predições levantadas pelo estudo, onde áreas que fornecem recursos alimentares com melhor qualidade nutricional e de fácil acesso como a Mata Atlântica, apresenta grupos com menor tamanho de braço e antebraço. É de amplo conhecimento que fatores ligados ao hábitat atuam como o principal direcionador em primatas. A variação no comportamento e as taxas de nascimento são variáveis que são explicadas pelos direcionadores do hábitat. Porém, entender como o hábitat e a sua rotina comportamental podem estar modificando a sua morfologia ainda é pouco estudada, principalmente em macacos-prego que usam ferramentas. Neste sentido, este estudo fornece uma importante base de dados inicial para melhor entender o processo adaptativo e (potencialmente) evolutivo de *Sapajus* habitando diferentes áreas e utilizando ou não ferramentas. Ações de conservação nas áreas estudadas através do estabelecimento de unidades de conservação (Mata Atlântica em Igarassu) e aumento no processo de fiscalização (RPPN Morro da Torre e MONA Rio São Francisco) são fundamentais para a manutenção das populações de macaco-prego-galego e o comportamento de quebra de alimento.

4.5 CONCLUSÃO

Este estudo forneceu uma visão abrangente sobre as diferenças populacionais e biométricas do macaco-prego-galego em dois biomas distintos, a Caatinga e a Mata Atlântica, no nordeste do Brasil. As variações observadas entre os grupos refletem a influência significativa do ambiente sobre o tamanho dos grupos e a morfologia dos indivíduos. As populações em áreas de Mata Atlântica apresentaram maior tamanho médio de grupo, provavelmente devido à maior disponibilidade e diversidade de recursos alimentares, enquanto os macacos-prego-galegos de uma das áreas de Caatinga (Delmiro Gouveia) demonstraram adaptações morfológicas específicas, como tamanhos de braço e antebraço maiores, possivelmente relacionadas ao uso de ferramentas e à exploração de recursos mais escassos.

Sugerindo um processo adaptativo específico em resposta às condições ambientais locais. Esses resultados não apenas complementam o conhecimento existente sobre a espécie, mas também destacam a importância de considerar as diferenças ambientais ao estudar a ecologia e o comportamento dos primatas em distintos biomas, assim como no estudo de estratégias de conservação para espécies ameaçadas como o macaco-prego-galego. A pesquisa é pioneira para a população de macaco-prego-galego na Caatinga e abre caminho para estudos futuros que explorem a relação entre a ecologia comportamental e as adaptações morfológicas em primatas que habitam diferentes biomas.

4.6 REFERÊNCIAS

- Barros, A. H. C., Araujo Filho, J. C., Da Silva, A. B., Santiago, G. A.C. F. (2012) Climatologia do estado de Alagoas. Recife: Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E).
- Bastos, M., Souto, A., Jones, G., Eason, P., Bione, C., Schiel, N., et al. (2015). Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. *American Journal of Primatology*, 77(6), 605-617.
- Bezerra, F. G. S., de Toledo, P. M., von Randow, C., de Aguiar, A. P. D., Lima, P. V. P. S., dos Anjos, L. J. S., & Bezerra, K. R. A. (2022). Spatio-temporal analysis of dynamics and future scenarios of anthropic pressure on biomes in Brazil. *Ecological Indicators*, 137, 108749.
- Falótico, T., Coutinho, P. H. M., Bueno, C. Q., Rufo, H. P., & Ottoni, E. B. (2018). Stone tool use by wild capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*) at Serra das Confusões National Park, Brazil. *Primates*, 59, 385-394.
- Falótico, T., Proffitt, T., Ottoni, E. B., Staff, R. A., & Haslam, M. (2019). Three thousand years of wild capuchin stone tool use. *Nature Ecology & Evolution*, 3(7), 1034-1038.
- Falótico, T., Valença, T., Verderane, M. P., & Fogaça, M. D. (2022). Stone tools differences across three capuchin monkey populations: food's physical properties, ecology, and culture. *Scientific Reports*, 12(1), 14365.
- Fedigan, L., Rose, L., & Morero Ávila, R. (1996). Tracking a capuchin monkey (*cebus capucinus*) populations in a regenerating Costa Rican forest. *Adaptive radiations of Neotropical Primates*, 289-307.
- Ferreira, R. G., Jerusalinsky, L., Silva, T. C. F., de Souza Fialho, M., de Araújo Roque, A., Fernandes, A., & Arruda, F. (2009). On the occurrence of *Cebus flavius* (Schreber 1774) in the Caatinga, and the use of semi-arid environments by *Cebus* species in the Brazilian state of Rio Grande do Norte. *Primates*, 50, 357-362.
- Fox J, Weisberg S (2019). An R Companion to Applied Regression, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.
- Fragaszy, D., Visalberghi, E., & Fedigan, L. (2004). The complete capuchin: the biology of the genus *Cebus*. Cambridge Cambridge University Press.
- Freire Filho, A. R. G. (2022). Ecologia comportamental e impactos antrópicos sobre dois primatas ameaçados no Nordeste: *Sapajus flavius* e *Alouatta ululata*. Tese de doutorado em Biologia Animal. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Ganzhorn JU, Wright PC, Ratsimbazafy J (1999) Primate communities: Madagascar. In: Fleagle J, Janson C, Reed K (eds) Primate communities. Cambridge University Press, Cambridge, pp 75–89.
- Gould, L., Sussman, R. W., & Sauther, M. L. (1999). Natural disasters and primate populations: The effects of a 2-year drought on a naturally occurring population of ring-tailed lemurs (*Lemur catta*) in Southwestern Madagascar. *International Journal of Primatology*, 20, 69–84.
- Grund, C., Neumann, C., Zuberbühler, K., & Gruber, T. (2019). Necessity creates opportunities

for chimpanzee tool use. *Behavioral Ecology*, 30(4), 1136-1144.

Hanya, G., & Chapman, C. A. (2013). Linking feeding ecology and population abundance: a review of food resource limitation on primates. *Ecological research*, 28, 183-190.

Hanya, G., Stevenson, P., van Noordwijk, M., Te Wong, S., Kanamori, T., Kuze, N., & van Schaik, C. (2011). Seasonality in fruit availability affects frugivorous primate biomass and species richness. *Ecography*, 34(6), 1009-1017.

Haslam, M., & Falótico, T. (2015). Nasal probe and toothpick tool use by a wild female bearded capuchin (*Sapajus libidinosus*). *Primates*, 56, 211-214.

ICMBio. MMA. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II – Mamíferos / -- 1. ed. -- Brasília, DF, 2018. 7 v.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, 2019. Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2019. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115Mapa%20de%20Vegeta%C3%A7%C3%A3o%20Nativa%20da%20mata%20atlantica. Acesso em: 21 de Maio de 2024.

Izar, P., Peternelli-dos-Santos, L., Rothman, J. M., Raubenheimer, D., Presotto, A., Gort, G., & Fragaszy, D. M. (2022). Stone tools improve diet quality in wild monkeys. *Current Biology*, 32(18), 4088-4092.

Kaizer, M. C., Alvim, T. G., Novaes, C. L., & Young, R. J. Applying camera trapping as a novel method for conservation/behaviour research of arboreal mammals. *Measuring Behavior* 2018.

Kaizer, M. C., Alvim, T. H., Novaes, C. L., Mcdevitt, A. D., & Young, R. J. (2022). Snapshot of the Atlantic Forest canopy: surveying arboreal mammals in a biodiversity hotspot. *Oryx*, 56(6), 825-836.

Leca, J. B., Gunst, N., Thierry, B., & Petit, O. (2003). Distributed leadership in semifree-ranging white-faced capuchin monkeys. *Animal behaviour*, 66(6), 1045-1052.

Lee, P. C., & Hauser, M. D. (1998). Long-term consequences of changes in territory quality on feeding and reproductive strategies of vervet monkeys. *Journal of Animal Ecology*, 67, 3347-3358.

Leighty, K. A., Byrne, G., Fragaszy, D. M., Visalberghi, E., Welker, C., & Lussier, I. (2004). Twinning in tufted capuchins (*Cebus apella*): rate, survivorship, and weight gain. *Folia primatologica*, 75(1), 14-18.

Lins, P. G. A. D. S., & Ferreira, R. G. (2019). Competition during sugarcane crop raiding by blond capuchin monkeys (*Sapajus flavius*). *Primates*, 60, 81-91.

Lins, P. G. A. D. S., Ribeiro-Júnior, J. W., Peres, C. A., & Penha, J. (2022). Size and degree of protection of native forest remnants drive the local occupancy of an endangered neotropical primate. *American Journal of Primatology*, 84(12), e23446.

M. 2021. *Alouatta belzebul* (amended version of 2019 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T39957A190412426. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T39957A190412426.en>. Accessed on 05 June 2023.

- Martins, A. B., Valença-Montenegro, M. M., Lima, M. G. M., Lynch, J. W., Svoboda, W. K., Silva-Júnior, J. D. S. E., & Fiore, A. D. (2023). A New Assessment of Robust Capuchin Monkey (*Sapajus*) Evolutionary History Using Genome-Wide SNP Marker Data and a Bayesian Approach to Species Delimitation. *Genes*, 14(5), 970.
- Martins, A.B., Fialho, M.S., Jerusalinsky, L., Valença-Montenegro, M.M., Bezerra, B.M., Laroque, P.O., de Melo, F.R. & Lynch Alfaro, J.W. 2021. *Sapajus libidinosus* (amended version of 2019 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T136346A192593226. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T136346A192593226.en>. Accessed on 06 June 2023.
- Melo, A., Amorim, B. S., García-González, J., de Souza, J. A. N., Pessoa, E. M., de Mendonça, E., & Alves, M. (2011). Updated Floristic Inventory of the Angiosperms of the Usina São José (USJ), Igarassu, Pernambuco, Brazil. *Revista Nordestina de Biologia*, 3-26.
- Mendoza I, Peres CA, Morellato LPC (2017) Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: A quantitative Neotropical review. *Glob Planet Change* 148:227-241.
- Moro, M.O. Síntese florística e biogeográfica do domínio fitogeográfico da Caatinga. 2013. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Tese de Doutorado, 366 p.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.
- Neufuss, J., Humle, T., Cremaschi, A., & Kivell, TL (2017). Comportamento de quebra de nozes em bonobos reabilitados nascidos na natureza (*Pan paniscus*): um estudo abrangente de preferência manual, apertos de mão e eficiência. *American Journal of Primatology* , 79 (2), e22589.
- O'Hara, M., Mioduszevska, B., Mundry, R., Haryoko, T., Rachmatika, R., Prawiradilaga, D. M., & Auersperg, A. M. (2021). Wild Goffin's cockatoos flexibly manufacture and use tool sets. *Current Biology*, 31(20), 4512-4520.
- Otoni, E. B., & Izar, P. (2008). Capuchin monkey tool use: overview and implications. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*, 17(4), 171-178.
- Otoni, EB (2015). Tradições de uso de ferramentas em primatas não humanos: o caso dos macacos-prego. *Human Ethology Bulletin* , 30 (1), 22-40.
- Oxley, A., & Jovan, BK (2019). Uso de ferramentas de vara por chimpanzés em um fragmento de floresta no corredor Budongo-Bugoma de Uganda: observações preliminares de Kasongire. *Revue de primatologie* , (10).
- Paglia AP, Fonseca GAB da, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, et al. (2012) Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil 2a Edição/Annotated Checklist of Brazilian Mammals. *Occas Pap Conserv Biol.*;6:1-82.
- Peres C (1999) Effects of subsistence hunting and forest types on the structure of Amazonian primate communities. In: Fleagle J, Janson C, Reed K (eds) *Primate communities*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 268–283.
- Peres CA, Dolman PM (2000) Density compensation in neotropical primate communities:

- evidence from 56 hunted and nonhunted Amazonian forests of varying productivity. *Oecologia* 122:175–189
- Pontes, A. R. M., Malta, A., & Asfora, P. H. (2006). A new species of capuchin monkey, genus *Cebus* Erxleben (Cebidae, Primates): found at the very brink of extinction in the Pernambuco Endemism Centre. *Zootaxa*, 1200(1), 1-12.
- Proffitt, T., Luncz, V.L., Malaivijitnond, S., Gumert, M., Svensson, M.S. e Haslam, M. (2018). Análise de ferramentas de pedra de macacos selvagens usadas para quebrar nozes de dendezeiros. *Royal Society Open Science*, 5 (3), 171904.
- Randler, C., & Kalb, N. (2018). Distance and size matters: A comparison of six wildlife camera traps and their usefulness for wild birds. *Ecology and Evolution*, 8(14), 7151-7163.
- Reis, M., Raíces, D., Martins, J., Sampaio, R., Laranjeira, T., Constantino, P. (2015). Guia de identificação de espécies alvo de aves e mamíferos. v. 3. *Brasília: GKNORONHA*.
- Rindler, R. C. (2014). Fallback strategy and tool use: floristic composition in the caatinga forest and cerrado and its impact on diet and tool-using behavior of capuchin monkeys.
- Robinson, J.G. (1988). Demografia e estrutura de grupo em macacos-prego, *Cebus olivaceus*. *Comportamento*, 104 (3-4), 202-232.
- Schaffner, C. M., Rebecchini, L., Ramos-Fernandez, G., Vick, L. G., & Aureli, F. (2012). Spider monkeys (*Ateles geoffroyi yucatanensis*) cope with the negative consequences of hurricanes through changes in diet, activity budget, and fission–fusion dynamics. *International Journal of Primatology*, 33, 922-936.
- Schneider, S., Taylor, G. W., Linquist, S., & Kremer, S. C. (2019). Past, present and future approaches using computer vision for animal re-identification from camera trap data. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(4), 461-470.
- Seed, A., & Byrne, R. (2010). Animal tool-use. *Current biology*, 20(23), R1032-R1039.
- Stevenson, P. R. (2001). The relationship between fruit production and primate abundance in Neotropical communities. *Biological Journal of the Linnean Society*, 72(1), 161-178.
- Tebbich, S., Taborsky, M., Fessl, B., & Blomqvist, D. (2001). Do woodpecker finches acquire tool-use by social learning?. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1482), 2189-2193.
- Teixeira, L. P., Lughadha, E. N., Silva, M. V. C. D., & Moro, M. F. (2021). How much of the Caatinga is legally protected? An analysis of temporal and geographical coverage of protected areas in the Brazilian semiarid region. *Acta Botanica Brasilica*, 35, 473-485.
- Trindade, M.B., Lins-e-Silva, A.C.B., Silva, H.P., Figueira, S.B. & Schessl, M. (2008). Fragmentation of the Atlantic rainforest in the northern coastal region of Pernambuco, Brazil: Recent changes and implications for conservation. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability*.
- Valença-Montenegro, Mônica Mafra Valença. Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Valença-Montenegro, M.M., Bezerra, B.M., Ruiz-Miranda, C.R., Pereira, D.G., Miranda,

J.M.D., Bicca-Marques, J.C., Oliveira, L., da Cruz, M.A.O.M., Valle, R.R. & Mittermeier, R.A. 2021. *Callithrix jacchus* (amended version of 2018 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T41518A191705043. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T41518A191705043.en>. Accessed on 06 June 2023.

Valença-Montenegro, M.M., Fialho, M.S., Carvalho, A.S., Ravetta, A.L., Régis, T., de Melo, F.R., Jerusalinsky, L., Veiga, L.M., Mittermeier, R.A., Cortes-Ortíz, L. & Talebi, Valle, R.R., Ruiz-Miranda, C.R., Pereira, D.G., Rímoli, J., Bicca-Marques, J.C., Jerusalinsky, L., Valença-Montenegro, M.M. & Mittermeier, R.A. 2021. *Callithrix penicillata* (amended version of 2018 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2021: e.T41519A191705321. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20211.RLTS.T41519A191705321.en>. Accessed on 06 June 2023.

Van Schaik, C. P., & Brockman, D. K. (2005). Seasonality in primate ecology, reproduction, and life history: an overview. *Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology*, 44, 3.

Velloso AL, Sampaio EVSB, Pareyn FGC. (2002) Ecorregiões Propostas para o Bioma Caatinga. Instituto de Conservação Ambiental – The Nature Conservancy do Brasil, Recife, p 76.

Visalberghi, E., & Frigaszy, D. (2013). 10 The Etho-Cebus Project: Stone-tool use by wild capuchin monkeys. *Tool use in animals: cognition and ecology*, 203.

Vogel, E. R., Haag, L., Mitra-Setia, T., Van Schaik, C. P., & Dominy, N. J. (2009). Foraging and ranging behavior during a fallback episode: *Hylobates albibarbis* and *Pongo pygmaeus wurmbii* compared. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 140(4), 716-726.

Yamamoto, S., Humle, T., & Tanaka, M. (2013). Basis for cumulative cultural evolution in chimpanzees: social learning of a more efficient tool-use technique. *PloS One*, 8(1), e55768.

Zuur, Alain F., Elena N. Ieno, Neil J. Walker, Anatoly A. Saveliev, and Graham M. Smith. 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York, NY: Springer New York.

Zwerts, J. A., Stephenson, P. J., Maisels, F., Rowcliffe, M., Astaras, C., Jansen, P. A., & van Kuijk, M. (2021). Methods for wildlife monitoring in tropical forests: Comparing human observations, camera traps, and passive acoustic sensors. *Conservation Science and Practice*, 3(12), e568.

5. PARTE 3 - USO DE FERRAMENTA POR *Sapajus flavius*

A NEW ADDITION TO THE TOOLBOX: STONE TOOL USE IN BLONDE CAPUCHIN MONKEYS (*Sapajus flavius*)

Nota: Esta parte da dissertação foi publicada no periódico *Primates* e, portanto, adere a algumas das normas da revista. O estudo faz parte do nosso projeto de pesquisa e conservação do macaco-prego-galego em colaboração entre pesquisadores do Laboratório de Ecologia, Comportamento e Conservação da UFPE e pesquisadores de outras instituições, os quais são listados como autores do artigo publicado.

5.1 INTRODUCTION

The development and usage of tools play central roles in human culture and evolution. Studying their manufacture and utilization by animals remains a fascinating research topic (Visalberghi and Frigaszy 2006). Animals across various taxonomic groups are known to use tools (Bentley-Condit and Smith 2010), with non-human primates being extensively investigated in this area (hereafter referred to as primates: Seed and Byrne 2010). Tool use is defined as the utilization of an external object to efficiently alter the shape, position, or condition of another object, organism, or the user itself, achieved through direct manipulation by the user who is responsible for proper orientation (Shumaker et al. 2011). Previously, the tool used in primates has been studied in apes (White 1942; Jackson 1942; Parker and Gibson 1977; McGrew 1992). However, nowadays this behavior has been extensively observed among Platyrrhine (Supplementary Information I). Additionally, other species such as birds (Emery 2021; Tebbich and Bshary 2004), elephants (Chevalier-Skolnikof and Liska 1993; Hart et al. 2001), and aquatic animals (Bizzozzero et al. 2019; Mann and Patterson 2013) demonstrate a propensity for tool use. The ability of animals to use tools can be influenced by social learning, involving observation from individuals already adept at tool use (Bandini and Tennie 2020), by environmental factors, particularly the availability of food resources (Seed and Byrne 2010; Rindler 2014), and by non-imitative social influences which can sustain behavioral traditions (see Fragaszy and Visalberghi 2001).

Chimpanzees and orangutans have been previously documented using only sticks or stones, or both to obtain food (Boesch and Boesch 1990; Inoue-Nakamura and Matsuzawa 1997; Sanz and Morgan 2007; Van Schaik et al. 1996, 1999). In the Americas, three primate species are known to use different tools and fashion for food acquisition (Barrett et al. 2018; Cutrim 2013; Falótico et al. 2018; Souto et al. 2011). In Brazil, only populations of *Sapajus libidinosus* inhabiting arid regions such as the Caatinga dry forest and Caatinga-Cerrado ecotone have been observed using stone tools (Fragaszy et al. 2004; Moura and Lee 2004). Regarding capuchin monkeys, there are documented reports of their use of stone tools and sticks to access food resources such as encased foods and vertebrates, to reach invertebrate underground nests, aid in digging up plant underground storage units, communicate for mating or to deter threats, pulverize quartz, and routinely use sticks as probes to dislodge prey from rock crevices and for honey and water collection from cavities (Falótico and Ottoni 2013, 2014; Falótico et al. 2017; Falótico 2023; Mannu and Ottoni 2009; Moura 2006; Moura and Lee 2004).

While there is variation in the diversity of tools used by primates, the use of stones as tools has gained widespread recognition (Carvalho and Berdmore-Herd 2019). Presently, scientific records acknowledge only two species (*Sapajus libidinosus*, *Cebus imitator*) and three subspecies (*Pan troglodytes verus*, *Macaca fascicularis aurea*, *Macaca fascicularis fascicularis*), that use stones as tools (Carvalho and Berdmore-Herd 2019; Muhammad et al. 2023). This study presents the first documented

record of stone tool use by blonde capuchin monkeys (*Sapajus favius*) in a seasonally dry tropical forest known as the Caatinga in northeastern Brazil. We also characterize the stone tools used by blonde capuchin monkeys in three stone tool use sites. An isolated report showed that these monkeys used stick tools to obtain termites in the Atlantic Forest (Souto et al. 2011). Increasing evidence from Northeast Brazil highlights capuchin monkeys (*Sapajus*), putting these animals in the spotlight and showcasing their versatility in tool use (Ottoni and Izar 2008; Souto et al. 2011). Thus, the tool repertoire of blonde capuchins appears to be complex and adapted to environmental features, as we further discuss in our study

5.2 METHODS

5.2.1 STUDY SITE

We conducted systematic monitoring across three sites within the Caatinga dry forest in Alagoas state, Northeast Brazil (see Fig. 1), spanning from September 2022 to March 2023. Our observations documented instances of stone use by blonde capuchin monkeys within the protected area known as Monumento Natural Rio São Francisco. This protected area encompasses approximately 27,000 hectares of Caatinga terrain along the São Francisco River, spanning sections of Alagoas, Bahia, and Sergipe states. Within this protected area, pastures occupy 39.3% (equivalent to 320 km²) due to expanded cattle ranching activities, while Caatinga fragments constitute 27.2% (approximately 221 km²) (Lima et al. 2019). The region experiences a rainy season from May to June, with precipitation primarily occurring in May. Annual precipitation levels range between 500 and 700 mm (RADAMBRASIL 1983). Local temperatures exhibit minimal fluctuations, with annual averages at 25 °C, rising to over 27 °C during the hottest months and dropping to 20 °C in the coldest months (INPE 2001).

5.2.2 DATA COLLECTION

5.2.2.1 Camera trapping

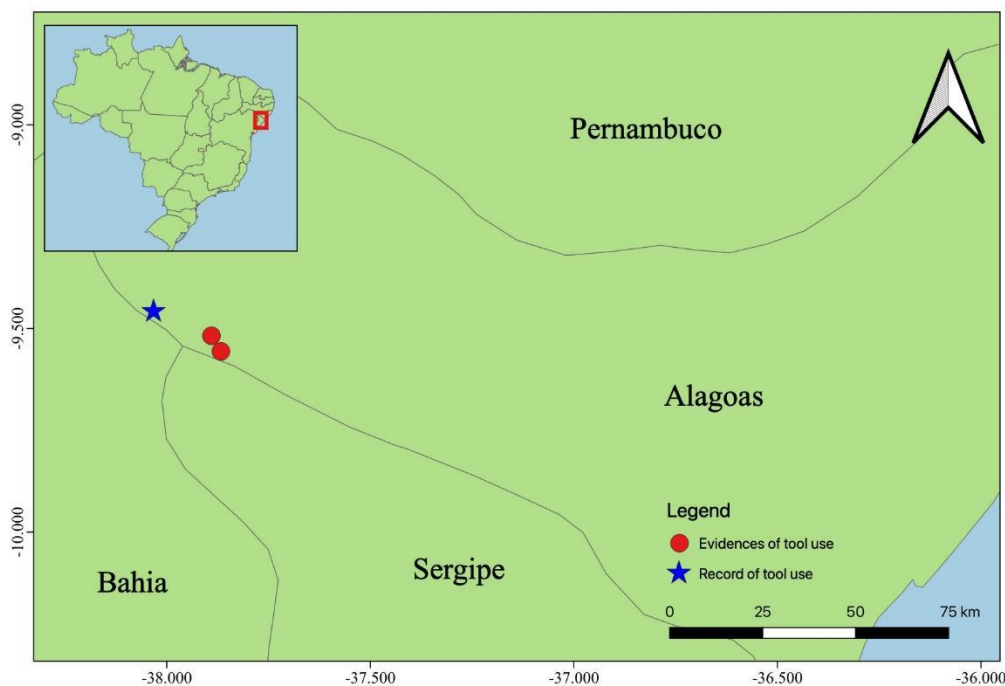
Our study spanned from September 2022 to March 2023 and involved the use of four camera trap stations to observe the behaviors of blonde capuchin monkeys. Three stations were non provisioned, while one was provisioned. Within the provisioned station, we positioned a corn feeder on the ground, placing the camera at a distance of 1.5–3 m from the feeder. The cameras were affixed to trees, situated 40 cm above the ground (adapted from Bezerra et al. 2014; Medeiros et al. 2019; Moraes et al. 2014). We utilized two models of camera traps: the UOVision UV 557 Trail Camera and

the Bushnell Prime Low-Glow 24 MP. The cameras were programmed to record 60-s videos at 5-s intervals, saved in .AVI format, with resolutions of 8 megapixels (UOVision UV 557) or 24 megapixels (Bushnell Prime Low-Glow). Each camera trap remained active for approximately 16 (± 4 SD) days per month. We replaced the camera trap batteries and SD cards monthly. Additionally, during our fieldwork, whenever we encountered blonde capuchin monkeys, we observed their behaviors directly to potentially document instances of tool use. Throughout our study, we had a total of two encounters with these animals in such situations.

5.2.2.2 Characterization of the tools

We identified tool-use sites based on vestigial evidence, such as the presence of small stones (hammers), large stones (anvils), and processed or cracked food found near potential hammers and anvils (Moraes et al. 2014). Upon identification, the stone tool sites were georeferenced using a handheld GPS device (Garmin eTREX 10 Worldwide Navigator). Subsequently, we created a map illustrating sites with only evidence and those with recorded instances of tool use by blonde capuchin monkeys using the QGIS software.

Figura 10. Map presenting the locations of evidence and record of stone tool use by blonde capuchin monkeys monitored in the Caatinga in the Alagoas states, northeastern Brazil.



To characterize the anvils, we (i) measured the largest dimension between the bottom and the flat surface of the anvil to estimate its height, and (ii) estimated the surface area using the largest and smallest diagonals on the surface, assuming an elliptical shape. Regarding the hammers, the stones were marked and weighed using a Pesola Line LightLine Scale with a capacity of up to 1,000 g. Stones were labeled with a permanent marker. Only stones situated on an anvil or those displaying evidence of use (e.g., processed food fragments and signs of breakage) were marked. Stones not meeting these criteria were excluded, even if present on the anvil. All these procedures were based on the methods outlined by Moraes et al. (2014).

5.3 RESULTS

5.3.1 STONE TOOL USE

During the study period, we recorded eight events of stone tool use by blonde capuchin monkeys (Table 1). In monitoring at the stone tool use site, we observed groups of blonde capuchin monkeys composed of adults (both males and females), juveniles, and infants. Stones were utilized as tools (hammers) by juveniles and other unidentified individuals, enabling access to food resources (Table 1). These observations were exclusively documented at the Novo Angico site (Table 2). Unfortunately, we were unable to identify the specific plant species consumed by the blonde capuchin monkeys.

5.3.2 TOOLS AND SITE DESCRIPTIONS

All three sites under observation exhibited vestigial evidence of tool use by blonde capuchins (Fig. 1; Table 2). We directly observed tool use at two of these sites (two events occurring during our encounters), with an additional eight events captured through camera traps.

5.4 DISCUSSION

Here, we present evidence of blonde capuchin monkeys utilizing stone tools in the Caatinga dry forest: stones as hammers and anvils for accessing food. This observation not only adds this primate to the limited list of species known for using stone tools, as previously recorded (Refs), but also introduces a new tool within their repertoire. Prior documentation includes their use of sticks for fishing termites in the Atlantic Forest (Souto et al. 2011). Additionally, we provide the first data characterizing the hammers and anvils employed by this species.

Food acquisition strategies differ notably for primates in the Atlantic Forest and Caatinga due

to pronounced climatic and structural variations between these biomes. In the Atlantic Forest, despite a short period of seasonal fruit scarcity (approximately 5 months), the high diversity of fruitbearing plants ensures ripe fruits are available year-round, unlike the Caatinga (Mendoza et al. 2017). This difference in dietary diversity results in the use of distinct strategies to access food resources. For instance, *S. libidinosus* exploits a greater fruit diversity (35 species) within the Cerrado, where fruit availability and tall trees are abundant, reducing the need to forage extensively on the forest floor compared to the Caatinga (9 species) (Mendes et al. 2015; Sacramento 2014). Conversely, the harsh hot and dry conditions in the Caatinga lead to longer periods of food shortage (approximately 8–9 months), where shrubland vegetation limits ripe fruit availability (Prado 2003). Consequently, dry and encased fruits, such as nuts, become more prevalent in this area (Andrade-Lima 1981; Rizzini 1979). In the Caatinga, blonde capuchin monkeys adopt a foraging strategy similar to their relatives, *S. libidinosus*, using stones as tools to crack nuts and fruits and acquire daily energy. It is noteworthy that the mean Euclidean distance between our study site and others where stone tool use has been observed in *S. libidinosus* is 532 km (± 273 SD; range: 170–813 km; Supplementary Information II). Despite these considerable distances, it appears that the ecological conditions of the Caatinga prompt capuchin monkeys to utilize the readily available stones to access hard-shelled food resources. However, a long-term study is essential to ascertain whether blonde capuchin monkeys utilize stone tools with similar frequency compared to other sites such as Fazenda Boa Vista or Serra da Capivara National Park as well as the distribution of its occurrence among individuals, sexes, and age groups to distinguish individual innovations.

Tabela 4. Description of the events of stone tool use by blonde capuchin monkeys in the Caatinga dry forest, in Brazil.

Event	Date and time	Number of animals on image	Number of individuals using stone tool	Age/sex class of the individual using tool	Behavioural description
1	21/11/2022, 07:03 am	10 individuals (2 adults, 6 juveniles, 1 independent infant, and 1 unidentified)	1	Juvenile	The juvenile found an encased fruit, put it on the anvil, hammered six times with a stone and ate the pieces of fruit. The animal was almost standing up—potentially to increase the force applied on the hammer (Supplementary video I)
2	17/02/2023, 04:16 pm		2	Unidentified	Two unidentified individuals used a stone to access an unidentified embedded fruit on a

					cement (concrete) sidewalk with a pound (Supplementary video II)
3	17/02/2023, 04:18 pm	4 individuals (1 adult, 1 dependent infant, and 2 unidentified)	1	Unidentified	A unidentified individual used a stone to access an unidentified embedded fruit on a cement (concrete) (Supplementary video II)
4	17/02/2023, 04:22 pm	3 individuals (1 juvenile and 2 unidentified)	1	Juvenile	A juvenile individual, now in a bipedal position, also used a stone to access an unidentified encased fruit anvil with three pounds (Supplementary video I)
5	18/02/2023, 11:08 am	5 individuals (1 adult, 1 juvenile, and 2 unidentified)	1	Unidentified	An individual used a stone to pound four times with a hammer on an unidentified encased fruit supported on a concrete sidewalk and then five more pounds were executed (Supplementary video II)
6	18/02/2023, 11:12 am	5 individuals (2 adults, 1 juvenile, and 1 dependent infant)	1	Unidentified	Unidentified individual used the concrete as an anvil to support unidentified encased fruit and break them with the help of a stone, giving at least 13 pounds (Supplementary video II)
7	20/02/2023, 09:58 am	3 individuals (all they are not identified)	2	Unidentified	one of them used a stone to break unidentified fruit encased on the concrete, with nine pounds. Another individual approached and performed the same behavior with three pounds, and a fourth individual approached them and fed them cracked food resources (Supplementary video II)
8	20/02/2023, 10:02 am	6 individuals (2 adults, 1 dependent infant, and 3 unidentified)	2	Unidentified	Two unidentified individuals used a stone to access an unidentified embedded fruit on a

Sapajus libidinosus and two island populations of *C. imitator* are known to process food using stones (Barrett et al. 2018; Spagnoletti et al. 2011). Our observations also revealed a distinctive utilization of legs and tails during nutcracking. For instance, in the case of hard nuts, it appeared that the capuchins employed the movement of their legs and tails to enhance the force exerted on the hammer. Conversely, when dealing with smaller and less robust nuts, the capuchins were able to crack them using solely their arm as a handle (Liu et al. 2009; Moraes et al. 2014). Although we could not specifically identify the nut species consumed by the blonde capuchin monkeys, based on the behavioral and postural patterns observed while using the stone tool, we infer that they were cracking hard nuts.

Our findings revealed minimal variation in the weight of hammers utilized by the blonde capuchin monkeys for cracking nuts. This limited variation could potentially be attributed to the hardness of the nuts. Previous studies have demonstrated that capuchins adapt their stone hammers based on the specific hardness of the nuts being exploited (Luncz et al. 2016; Moraes et al. 2014). However, any explanation in this context remains speculative without a systematic assessment establishing the relationship between hammer weight and nut hardness. Currently, monitoring related to this theme as well as the pattern of use of the stone tool use site is being performed in the same study area. Regarding the anvils, we observed blonde capuchin monkeys using concrete structures at only one site (Novo Angico). This observation is linked to the presence of small structures like houses within the blonde capuchin monkeys' home range. Previous research has indicated that direct or indirect human activities can influence tool-use locations among capuchin monkeys, with anthropogenic development potentially leading to a reduction in the food resources available to them (Howard et al. 2015; Roncero et al. 2023). Yet, it is premature to assert any positive or negative impact of human presence on the stone tool use by blonde capuchin monkeys. Nonetheless, exploring the effect of the landscape on stone tool use sites could provide valuable insights into the actual role of human interventions.

Tabela 5. Description of the stone tool use site and identification of plant species (family) cracked by blonde capuchin monkey in the Caatinga dry forest, in Brazil.

Location name	Geographical coordinate	Number of anvils/number of hammers	Characteristics of the anvils	Characteristics of the hammers (g)	Nut/fruit species encountered
Novo Angico	9.45921623 S, 38.03088866 W	8 / 8	Height: 62 cm (± 44 SD: 16–135 cm)	512 g (± 112 SD: 390–610 g)	<i>Prunus dulces</i> (Mill.) D.A.Webb (Rosaceae)

			Surface size: 0.94 m ² (± 0.62 SD: 0.27– 1.67 m ²)		
Morro dos Macacos	9.556747 S, 37.867582 W	9/11	Height: 56 cm (± 28 SD: 24–102 cm) Surface size: 1.0 m ² (± 0.82 SD: 0.18– 2.53 m ²)	319 g (± 134 SD: 120–540 g)	<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl. (Euphorbiaceae)
Grota dos Cânions	9.51800 S, 37.89059 W	4/4	Height: 27 cm (± 10 SD: 21–38 cm) Surface size: 1.67 m ² (± 0.67 SD: 0.98– 2.32 m ²)	596 g (± 369 SD: 85–920 g)	<i>Syagrus coronata</i> (Mart.) Becc. (Arecaceae)

This report presents the inaugural and pioneering documentation of stone tool usage by blonde capuchin monkeys within a Caatinga dry forest area in Brazil, accompanied by the characterization of stones employed as hammers and anvils. The stone tools utilized by these monkeys seemingly conform to patterns observed in other capuchin monkey species. These findings pave the way for a series of future studies aimed at comprehending the technology's use, foraging strategies, the influence of food availability, raw materials, and landscape on tool utilization, as well as linking early hominin cognition and social learning. We anticipate that these initial findings will contribute to implementing effective measures for managing the protected area, Monumento Natural Rio São Francisco, to safeguard its historical significance and biodiversity. It is advisable for local authorities to regularly inspect these areas to prevent the destruction and degradation of stone tool-use sites due to anthropogenic recreational activities. Considering the region's potential for tourism, we recommend the installation of educational and warning signs to encourage responsible primate-watching practices and sustainable tourism. Empowering local tourist guides with knowledge to identify stone tool-use sites could be an effective strategy in promoting responsible primate-watching activities within the canyons of the São Francisco River, offering a recreational yet respectful engagement.

5.5 REFERENCES

Andrade-Lima D (1981) The Caatinga dominium. Rev Brasil Botan 4:149–163

- Bandini E, Tennie C (2020) Exploring the role of individual learning in animal tool-use. *PeerJ* 8:e9877. <https://doi.org/10.7717/peerj.9877>
- Barrett BJ, Monteza-Moreno CM, Dogandžić T, Zwyns N, Ibáñez A, Crofoot MC (2018) Habitual stone-tool-aided extractive foraging in white-faced capuchins. *Cebus Capucinus R Soc Open Sc* 5(8):181002. <https://doi.org/10.1098/rsos.181002>
- Bentley-Condit V, Smith EO (2010) Animal tool use: current definitions and an updated comprehensive catalog. *Behaviour* 147(2):185–232. <https://doi.org/10.1163/000579509X12512865686555>
- Bezerra BM, Bastos M, Souto A et al (2014) Camera trap observations of nonhabituated critically endangered wild blonde capuchins, *Sapajus flavius* (formerly *Cebus flavius*). *Int J Primatol* 35:895–907. <https://doi.org/10.1007/s10764-014-9782-4>.
- Bizzozzero MR, Allen SJ, Gerber L et al (2019) Tool use and social homophily among male bottlenose dolphins. *Proc R Soc B* 286(1904):20190898. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.0898>.
- Boesch C, Boesch H (1990) Tool use and tool making in wild chimpanzees. *Folia Primatol* 54(1–2):86–99. <https://doi.org/10.1159/000156428>.
- Carvalho S, Beardmore-Herd M (2019) Technological origins: primate perspectives and early hominin tool use in Africa. In: Oxford research encyclopedia of African history. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190277734.013.75> (to be published).
- Chevalier-Skolnikoff S, Liska JO (1993) Tool use by wild and captive elephants. *Anim Behav* 46(2):209–219. <https://doi.org/10.1006/anbe.1993.1183>
- Cutrim FHR (2013) Padrão comportamental e uso de ferramentas em macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) residentes em manguezal. PhD Thesis, Institute of Psychology, University of São Paulo. São Paulo. <https://doi.org/10.11606/t.47.2013.tde-09012014-163238>
- Emery N (2021) Bird tool use. In: Shackelford TK, Weekes-Shackelford VA (eds) Encyclopedia of evolutionary psychological science. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19650-3_3164
- Falótico T (2023) Vertebrate predation and tool-aided capture of prey by savannah wild capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*). *Int J Primatol* 44(1):9–20. <https://doi.org/10.1007/s10764-022-00320-z>
- Falótico T, Ottoni EB (2013) Stone throwing as a sexual display in wild female bearded capuchin monkeys, *Sapajus libidinosus*. *PLoS ONE* 8(11):e79535
- Falótico T, Ottoni EB (2014) Sexual bias in probe tool manufacture and use by wild bearded capuchin monkeys. *Behav Process* 108:117–122. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2014.09.036>
- Falótico T, Siqueira JO, Ottoni EB (2017) Digging up food: excavation stone tool use by wild capuchin monkeys. *Sci Rep* 7:6278. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06541-0>
- Falótico T, Coutinho PHM, Bueno CQ et al (2018) Stone tool use by wild capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*) at Serra das Condições National Park, Brazil. *Primates* 59:385–394. <https://doi.org/10.1007/s10329-018-0660-0>
- Fragaszy D, Visalberghi E (2001) Recognizing a swan: socially-biased learning. *Psychologia* 44:82–88

- Fragaszy D, Izar P, Visalberghi E, Ottoni EB, de Oliveira MG (2004) Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. *Am J Primatol* 64(4):359–366. <https://doi.org/10.1002/ajp.20085>
- Hart BL, Hart LA, McCoy M, Sarath CR (2001) Cognitive behaviour in Asian elephants: use and modification of branches for fly switching. *Anim Behav* 62(5):839–847. <https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1815>
- Howard AM, Nibbelink N, Bernardes S et al (2015) Remote sensing and habitat mapping for bearded capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*): landscapes for the use of stone tools. *J App Remote Sens* 9(1):096020–096020. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.9.096020>
- Inoue-Nakamura N, Matsuzawa T (1997) Development of stone tool use by wild chimpanzees (*Pan troglodytes*). *J Comp Psychol* 111(2):159. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.111.2.159>
- Jackson TA (1942) Use of the stick as a tool by young chimpanzees. *J Comp Psychol* 34(2):223
- Lima AH et al (2019) Mapeamento do uso da terra com ndvi do Monumento Natural do rio São Francisco. In: *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, INPE-Santos, SP, Brasil
- Liu Q, Simpson K, Izar P et al (2009) Kinematics and energetics of nut-cracking in wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in Piauí, Brazil *Am J Phys Anthropol* 138(2):210–220. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20920>
- Luncz LV, Falótico T, Pascual-Garrido A et al (2016) Wild capuchin monkeys adjust stone tools according to changing nut properties. *Sci Rep* 6(1):33089. <https://doi.org/10.1038/srep33089>
- Mann J, Patterson EM (2013) Tool use by aquatic animals. *Philos Trans Roy Soc B Biol Sci* 368(1630):20120424. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0424>
- Mannu M, Ottoni EB (2009) The enhanced tool-kit of two groups of wild bearded capuchin monkeys in the Caatinga: tool making, associative use, and secondary tools. *Am J Primatol* 71:242–251. <https://doi.org/10.1002/ajp.20642>
- McGrew WC (1992) Chimpanzee material culture: implications for human evolution. Cambridge University Press, Cambridge
- Medeiros K, Bastos M, Jones G, Bezerra B (2019) Behavior, diet, and habitat use by blonde capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) in a coastal area prone to flooding: direct observations and camera trapping. *Int J Primatol* 40:511–531. <https://doi.org/10.1007/s10764-019-00103-z>
- Mendes FDC, Cardoso RM, Ottoni EB et al (2015) Diversity of nut-cracking tool sites used by *Sapajus libidinosus* in Brazilian Cerrado. *Am J Primatol* 77(5):535–546. <https://doi.org/10.1002/ajp.22373>
- Mendoza I, Peres CA, Morellato LPC (2017) Continental-scale patterns and climatic drivers of fruiting phenology: a quantitative Neotropical review. *Glob Planet Change* 148:227–241. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.12.001>
- Moraes BLC, Souto A, Schiel N (2014) Adaptability in stone tool use by wild capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*). *Am J Primatol* 76(10):967–977. <https://doi.org/10.1002/ajp.22286>
- Moura AC (2006) Stone banging by wild capuchin monkeys: an unusual auditory display. *Folia Primatol* 78:36–45. <https://doi.org/10.1159/000095684>

Moura AC, Lee PC (2004) Capuchin stone tool use in caatinga dry forest. *Science* 306:1909–1910. <https://doi.org/10.1126/science.1102558>

Muhammad R, Kaikaew T, Panjan S, Meesawat S, Thabthimthong W, Payungporn S et al (2023) Influence of COVID-19 on the emergence of stone-tool use behavior in a population of common long-tailed macaques (*Macaca fascicularis fascicularis*) in Thailand. *Am J Primatol*. <https://doi.org/10.1002/ajp.23580>

Otoni EB, Izar P (2008) Capuchin monkey tool use: overview and implications. *Evol Anthropol Issues News Rev* 17(4):171–178. <https://doi.org/10.1002/evan.20185>

Parker ST, Gibson KR (1977) Object manipulation, tool use and sensorimotor intelligence as feeding adaptations in *Cebus* monkeys and great apes. *J Hum Evol* 6(7):623–641

Prado D (2003) As caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (eds) *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE, Recife, pp 3–73

Radambrasil P (1983) Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.

Rindler RC (2014) Fallback strategy and tool use: floristic composition in the caatinga forest and cerrado and its impact on diet and tool-using behavior of capuchin monkeys. <http://cardinalscholar.bsu.edu/handle/20.500.14291/198148>

Rizzini CT (1979) Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos. HUCITEC/Ed. da Universidade de São Paulo

Roncero P, de Mendonça-Furtado O, Izar P (2023) Human-induced rapid environmental change: a case study showing negative impact on animal culture. *J Nat Conserv* 74:126424. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126424>

Sacramento TS (2014) Influência da disponibilidade de alimentos sobre os comportamentos de um grupo de *Sapajus libidinosus* e análise das interações e conflitos entre humanos e macacos-prego no Parque Nacional de Brasília, DF. In: Dissertation presented as a requirement to obtain the Master's Degree in Animal Biology by the Postgraduate Program in Animal Biology at the University of Brasília

Sanz CM, Morgan DB (2007) Chimpanzee tool technology in the Goualougo Triangle, Republic of Congo. *J Hum Evol* 52(4):420–433. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2006.11.001>

Seed A, Byrne R (2010) Animal tool-use. *Curr Biol* 20(23):R1032–R1039. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.09.042>

Shumaker RW, Walkup KR, Beck BB (2011) *Animal tool behavior: the use and manufacture of tools by animals*. JHU Press, Baltimore

Souto A, Bione CB, Bastos M et al (2011) Critically endangered blonde capuchins fish for termites and use new techniques to accomplish the task. *Biol Lett* 7(4):532–535. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0034>

Spagnoletti N, Visalberghi E, Otoni E, Izar P, Frigaszy D (2011) Stone tool use by adult wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*). Frequency, efficiency and tool selectivity. *J Hum Evol* 61(1):97–107. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2011.02.010>

Tebbich S, Bshary R (2004) Cognitive abilities related to tool use in the woodpecker finch, *Cactospiza pallida*. Anim Behav 67(4):689– 697. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2003.08.003>

Van Schaik CP, Fox EA, Sitompul AF (1996) Manufacture and use of tools in wild Sumatran orangutans: implications for human evolution. Naturwissenschaften 83:186–188. <https://doi.org/10.1007/BF01143062>

Van Schaik CP, Deaner RO, Merrill MY (1999) The conditions for tool use in primates: implications for the evolution of material culture. J Hum Evol 36(6):719–741. <https://doi.org/10.1006/jhev.1999.0304>

Visalberghi E, Frigaszy D (2006) What is challenging about tool use? The capuchin's perspective. In: Wasserman EA, Zentall TR (eds) Comparative cognition: experimental explorations of animal intelligence. Oxford University Press, New York, pp 529–552

White LA (1942) On the use of tools by primates. J Comp Psychol 34(3):369.

6. PARTE 4. CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISA E CONSERVAÇÃO DO MACACO PREGO GALEGO

Este estudo fornece uma visão abrangente sobre as diferenças populacionais e biométricas do macaco-prego-galego em dois biomas distintos, a Caatinga e a Mata Atlântica, destacando a influência do ambiente nas características dos grupos. As adaptações morfológicas e comportamentais observadas, como as diferenças no tamanho do braço e antebraço dos grupos e o uso de ferramentas de pedra pelos macacos-prego-galego na Caatinga, sugerem processos adaptativos específicos que refletem as condições locais. Além de ampliar o conhecimento sobre a espécie, esses estudos abrem caminho para futuras pesquisas sobre a relação entre ecologia comportamental e adaptações morfológicas em primatas, com implicações diretas para estratégias de conservação. A conexão entre a presença dos macacos e o turismo regional também é promissora, oferecendo oportunidades para promover a preservação desses primatas e dos sítios naturais que habitam por meio do turismo ecológico.