



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS

MARÍLLIA DE SANTANA CALADO

**COMPARAÇÃO ACÚSTICA DE DUETOS DE *Callicebus barbarabrownae* EM
DIFERENTES LOCAIS DE OCORRÊNCIA NO NORDESTE BRASILEIRO**

Recife
2022

MARÍLLIA DE SANTANA CALADO

**COMPARAÇÃO ACÚSTICA DE DUETOS DE *Callicebus barbarabrownae* EM
DIFERENTES LOCAIS DE OCORRÊNCIA NO NORDESTE BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado ao Bacharelado
em Ciências Biológicas com ênfase em
Ciências Ambientais da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel.

Orientador (a): Bruna Martins Bezerra

Coorientador (a): Eduardo Marques Santos Júnior

Recife

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Calado, Maríllia de Santana.

Comparação acústica de duetos de *Callicebus barbarabrownae* em diferentes locais de ocorrência no nordeste brasileiro / Maríllia de Santana Calado. - Recife, 2022.

43 : il., tab.

Orientador(a): Bruna Martins Bezerra

Cooorientador(a): Eduardo Marques Santos Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências Ambientais - Bacharelado, 2022.

Inclui referências, anexos.

1. Bioacústica. 2. Primatas. 3. Ecologia. 4. Vocalizações. 5. Caatinga. I. Bezerra, Bruna Martins. (Orientação). II. Júnior, Eduardo Marques Santos. (Cooorientação). III. Título.

590 CDD (22.ed.)

MARÍLLIA DE SANTANA CALADO

**COMPARAÇÃO ACÚSTICA DE DUETOS DE *Callicebus barbarabrownae* EM
DIFERENTES LOCAIS DE OCORRÊNCIA NO NORDESTE BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado ao Bacharelado
em Ciências Biológicas com ênfase em
Ciências Ambientais da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel.

Aprovada em: ____/____/____

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a Dra Bruna Martins Bezerra / UFPE (Orientadora)

Msc Rebecca Nimrah Umeed de Souza / UFPE (Titular)

Prof^a Dra Maria Adélia Borstelmann de Oliveira / UFRPE (Titular)

Recife

2022

Dedico este trabalho aos meus pais que estão constantemente me mostrando o significado e importância da honestidade, dedicação, força de vontade, apoio e resiliência para conquistar meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Não poderia começar esses agradecimentos de forma diferente, pois devo a meus pais e ao meu irmão minha gratidão por me ensinar a persistir no que eu acredito ser o certo, por todo auxílio na realização dos meus sonhos e por sempre estar presente na minha vida.

Agradeço também aos meus amigos da graduação e às minhas 'Mean Girls' (Nicolle Maux, Sabrina Melo, Thereza Beatriz, Marília Vieira, Bruna Sousa e Wanessa Silva) que ao longo do curso estiveram ao meu lado nos perrengues e nas horas boas, agradeço a vocês de coração pela parceria e pelo convívio, só lhes desejo o melhor daqui para frente. Contem comigo! Agradeço aos meus amigos da vida inteira e aos que conheci durante esse tempo que estarão sempre no meu coração.

Um agradecimento à minha orientadora Prof. Dra. Bruna Bezerra pela orientação incrível, pela dedicação antes e depois do TCC, pelos ensinamentos, pelo incentivo constante e por me tranquilizar, pelas correções, disponibilidade, paciência e oportunidade durante o tempo em que estive no LECC (Laboratório de Ecologia, Comportamento e Conservação). És um exemplo de profissional e mãe.

Agradeço ao meu coorientador, Eduardo Marques, por ceder os dados brutos utilizados para construção deste estudo, por todo apoio, incentivo e sugestões na construção do meu trabalho de conclusão de curso, lhe desejo tudo de bom.

Aos membros do LECC por todo o auxílio durante esse período e pelos cafezinhos da tarde.

Agradeço aos professores da graduação pelos quais tive oportunidade de me edificar na biologia, vocês fazem a diferença.

E por fim e não menos importante, agradeço a Deus por me dar força de vontade todos os dias e pelo eterno apoio espiritual e agradeço a Nossa Senhora de Lourdes por sempre me acolher no colo de mãe e me abraçar quando mais preciso.

“Tu deviens responsable pour toujours de ce que tu as apprivoisé”

Le petit prince

Antoine de Saint-Exupéry, 1943

RESUMO

A comunicação de primatas se dá por diversos tipos de sinais, tais como os táteis, olfativos, visuais e auditivos. A bioacústica foca nos sinais auditivos e tem sido vista como uma ferramenta em estudos sobre ecologia, monitoramento de espécies e comportamento animal. Espécies de Callicebinae são conhecidas por suas vocalizações duetos. O estudo desses sinais acústicos é importante para elucidar a comunicação desse grupo tão complexo de primatas. Os duetos são complexas vocalizações de cooperação do casal (macho e fêmea). O presente estudo teve como objetivo investigar as vocalizações duetos de *Callicebus barbarabrownae* gravados em diferentes localidades do Nordeste brasileiro. Especificamente, analisamos: i) a estrutura do dueto para ver sua composição, ii) como ele se assemelha ao dueto de outras espécies de Callicebinae, e iii) se podemos usar a estrutura do dueto para discriminar as localidades de coleta acústica dos animais. Para atingir esses objetivos, analisamos gravações de duetos de *C. barbarabrownae* coletadas em diferentes localidades do Nordeste do Brasil através do Projeto Primatas da Caatinga do Centro de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade. Essas gravações foram triadas através de espectrogramas de onde extraímos características físicas dos duetos. Nossos resultados mostraram quatro tipos de sinais acústicos que compuseram o dueto de *C. barbarabrownae*. Três desses componentes se assemelharam aos componentes dos duetos de outras espécies de Callicebinae, indicando uma potencial assinatura nos duetos desse grupo de primatas. Por fim, nossos resultados apontaram que as características físicas dos duetos de *C. barbarabrownae* discriminaram as localidades de coleta entre si. O presente estudo mostrou que vocalizações de *Callicebus barbarabrownae* podem ser usadas como ferramentas para investigar as potenciais localidades de origem dos animais.

Palavras-chave: Bioacústica. Ecologia. Vocalizações. Caatinga. Primatas. Callicebinae.

ABSTRACT

Primates communicate through different types of signals, including olfactory, visual and auditory signals. Bioacoustics focuses on auditory signals and has been considered as a tool in studies on ecology, species monitoring and animal behavior. Callicebinae species are known for their duet vocalizations, and the study of these acoustic signals is important for elucidating the communication of this very complex group of primates. Duets are complex cooperative vocalizations produced by a couple (male and female). The present study aimed to investigate the duet vocalizations of *Callicebus barbarabrownae* recorded in different locations in Northeast Brazil by the Primatas da Caatinga Project of the Centro de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros of the Instituto Chico Mendes de Biodiversidade. Specifically, we analyzed i) the structure of the duet to see its composition, ii) how it resembles the duet of other Callicebinae species, and iii) whether we can use duet structure to discriminate the acoustic collection locations of the animals. These recordings were analysed through spectrograms from which we extract the physical characteristics of the duets. Our results showed that four types of acoustic signals compose the *C. barbarabrownae* duets. Three of these components resemble the duet components of other species of Callicebinae, indicating a potential signature in the duets of this primate group. Finally, our results indicate that the physical characteristics of *C. barbarabrownae* duets discriminated between the collection locations. The present study shows that *Callicebus barbarabrownae* vocalizations can be used as potential tools to investigate the localities of origin of these animals.

Keywords: Bioacoustics. Ecology. Vocalizations. Caatinga. Primates. Callicebinae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Ilustração de <i>Callicebus barbarabrownae</i> .	17
Figura 2 –	Mapa de ocorrência da distribuição de <i>Callicebus barbarabrownae</i> pelos estados brasileiros da Bahia e de Sergipe, com identificação das localidades de extensão da espécie.	18
Figura 3 –	Pontos de coleta acústica do <i>C. barbarabrownae</i> . Ícones em vermelho apontam as localidades de coleta nos estados de Sergipe e da Bahia, no Nordeste do Brasil.	25
Figura 4 –	Espectrogramas mostrando os diferentes sinais observados nos duetos de <i>Callicebus barbarabrownae</i> .	28
Figura 5 -	Funções canônicas geradas para discriminar três dos quatro tipos de vocalização encontradas nos duetos de <i>Callicebus barbarabrownae</i> .	29
Figura 6 -	Funções canônicas geradas para discriminar duetos de <i>Callicebus barbarabrownae</i> provenientes de quatro localidades analisadas.	32
Figura 7 -	Composição da frase AE com a emitida por <i>C. nigrifrons</i> . (A) espectrograma da frase AE encontrada nas análises de sons de <i>C. barbarabrownae</i> . (B) frase AE encontrada nas análises de sons dos espectrogramas de <i>C. nigrifrons</i> (Caselli et al 2014).	30
Figura 8 -	Comparação da sequência “bellow” emitida por <i>Plecturocebus donacophilus</i> . (A) sequência “bellow” encontrada nos sons dos espectrogramas de <i>C. barbarabrownae</i> e (B) sequência “bellow” encontrada nos sons dos espectrogramas de <i>P. donacophilus</i> (Adret et al 2018).	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características físicas dos duetos de <i>Callicebus barbarabrownae</i> (Média e desvio padrão).	27
Tabela 2 –	Variáveis consideradas na diferenciação de três dos quatro diferentes tipos de sons que compõem os duetos de <i>Callicebus barbarabrownae</i> .	28
Tabela 3 -	Características físicas dos duetos de <i>Callicebus barbarabrownae</i> gravados em quatro localidades e comparadas neste estudo.	31
Tabela 4 -	Variáveis acústicas dos duetos de <i>Callicebus barbarabrownae</i> usadas para discriminar as localidades analisadas.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFD	Análise de Função Discriminante
CPB	Centro de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiro
FNJV	Fonoteca Neotropical Jacques Viellard
IUCN	International Union for Conservation of Nature
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
PANPRINE	Plano de Ação Nacional para Conservação dos Primatas do Nordeste
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	PARTE 1 - REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	ESPÉCIE ALVO	16
2.1.1	Taxonomia	16
2.1.2	Distribuição	17
2.1.3	Ecologia comportamental	18
2.1.4	Conservação	19
2.2	COMUNICAÇÃO EM PRIMATAS	20
2.2.1	Modalidades de comunicação	20
2.2.2	Comunicação acústica	21
3	PARTE 2 – COMPARAÇÃO ACÚSTICA DOS DUETOS DE <i>C. barbarabrownae</i>.	23
3.1	INTRODUÇÃO	23
3.2	METODOLOGIA	24
3.2.1	Animais e áreas de estudo	24
3.2.2	Gravação acústica dos animais	25
3.2.3	Análise de dados	26
3.4	Resultados	26
3.4.1	COMPOSIÇÃO DOS DUETOS	26
3.4.2	PARALELO COM OUTROS DUETOS DE CALLICEBINAE	29
3.4.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO DUETO E LOCALIDADE DE COLETA	30
3.5	DISCUSSÃO	32
4	CONCLUSÃO GERAL	34
5	REFERÊNCIAS	35
	ANEXO A – TABELA COM NÚMERO DE ARQUIVOS DE SOM DEPOSITADOS NA FONOTECA NEOTROPICAL JACQUES VIELLIARD (FNJV).	41

1 INTRODUÇÃO

A comunicação dos primatas se dá por diversos tipos de sinais e modalidades, tais como os sinais táteis, olfativos, visuais e auditivos (NAPIER E NAPIER 1996). O uso coordenado desses sinais é essencial para uma comunicação mais completa, havendo, no entanto, especificidade no uso do tipo de sinal em função das condições ambientais. Por exemplo, os sinais vocais são especialmente efetivos para comunicação de primatas arborícolas por conta da baixa visibilidade nos habitats arbóreos que limita o uso de sinais para comunicação visual (ALTMANN 1967). Isso acontece para espécies que vivem na Caatinga Arbórea Densa e Mata Atlântica Costeira. Leroux et al., (2022) sugerem que chamadas vocais podem ser usadas até em combinação, dependendo da estrutura social de um determinado grupo, aumentando a eficiência de comunicação.

A bioacústica é uma ciência multidisciplinar que lida com a biologia e a acústica (PENAR; MAGIERA; KLOCEK, 2020). Através dessa área do conhecimento, os pesquisadores estudam a emissão, propagação e recepção de sons produzidos e recebidos pelos animais, uma combinação de sensores ecológicos e físicos (FRANCESCOLI, 2021). Dentre as funções da comunicação sonora nos animais, estão a atração de parceiros reprodutivos, o deslocamento no ambiente, a socialização, o cuidado parental e a defesa de território (PENAR; MAGIERA; KLOCEK, 2020). Resultados de estudos sobre sinais acústicos podem ser aplicados na taxonomia, na ecologia, no bem-estar e na conservação (RIBEIRO et al 2020). O sinal acústico também faz conexão com temas sobre indicadores comportamentais animal que podem apontar o estado em que uma dada espécie se encontra na natureza, seja em sua reprodução, nas vocalizações de alarme e defesa, status de conservação no meio ambiente e sua história de vida até então (TEIXEIRA; MARON; RENSBURG, 2019). Pode contribuir para elucidar impactos de ruídos antropogênicos no comportamento dos animais e no manejo (BERGER-TAL et al 2011).

A Caatinga é um bioma muito rico em sua fauna e flora, com espécies endêmicas e exóticas, e apesar dos avanços em pesquisas feitas nas últimas décadas, ainda há muito a pesquisar neste vasto e biodiverso bioma (ALBUQUERQUE; ARAÚJO; EL-DEIR; LIMA; SOUTO; BEZERRA; FERRAZ; FREIRE; SAMPAIO; LAS-CASAS, 2012). Na Caatinga da região leste e centro-sul da Bahia há registros de diversos primatas vivendo em fragmentos de mata próximo a

áreas urbanas, fazendas e de moradias familiares (PRINTES et al 2021). Por conta da degradação, da perda e da fragmentação das formações florestais do bioma Caatinga, incluindo as da Bahia e de Sergipe, várias espécies já se encontram na lista de primatas neotropicais ameaçados de extinção (PRINTES et al 2021). Dentre essas espécies se encontra a espécie alvo deste trabalho de conclusão de curso, *Callicebus barbarabrownae* Hershkovitz, 1990. A espécie é popularmente conhecida como guigó-da-Caatinga, que devido a degradação, perda e fragmentação das formações florestais do bioma Caatinga, se encontra na lista de primatas neotropicais ameaçados de extinção, sendo considerado Criticamente Em Perigo C2a(i) pela International Union for Conservation of Nature IUCN (PRINTES et al 2021).

Este trabalho de conclusão de curso foi dividido em duas partes. Primeiramente elaborou-se um referencial teórico seguido de um capítulo elucidando os duetos de *Callicebus barbarabrownae* Hershkovitz, 1990. No referencial teórico apresentou-se a importância acústica para estudos de primatas, as informações sobre a espécie alvo e seus dados acústicos. Na parte sobre a espécie, além de introduzir o tema geral da pesquisa, detalhou-se a metodologia aplicada, os resultados obtidos e a discussão.

OBJETIVO

Geral

O presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo analisar as vocalizações duetos de *Callicebus barbarabrownae* gravados em diferentes localidades.

Específicos

Descrever quantitativamente os diferentes tipos de vocalização compondo os duetos, se houver;

Avaliar qualitativamente se os duetos de *Callicebus barbarabrownae* se assemelham aos duetos de outros representantes da subfamília Callicebinae.

Avaliar se a característica física dos duetos pode ser usada como ferramenta para discriminar as localidades entre si, onde os mesmos foram gravados.

2. PARTE 1 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESPÉCIE ALVO

2.1.1 TAXONOMIA

Callicebus barbarabrownae (figura 1) é um primata raro e endêmico do bioma Caatinga. A espécie pertence à ordem Primatas, família Pitheciidae, sub família Callicebinae, e de gênero *Callicebus*. A espécie é popularmente conhecida como guigó-da-Caatinga, ou do inglês, *blond titi monkey* ou Barbara Brown's Titi. Foi registrado primeiramente por Hershkovitz (1988,1990) como uma subespécie de *Callicebus personatus* (Geoffroy, 1812) por conta de uma análise taxonômica feita por Hershkovitz (1990) (CARNEIRO et al 2016). Porém, Kobayashi e Langguth (1999) contra-argumentaram que os primatas que habitassem também a Floresta Atlântica e Caatinga deveriam ser espécies e não subespécies. Atualmente, *Callicebus barbarabrownae* é considerada como espécie (PRINTES 2007 e 2011; CARNEIRO et al 2016). O seu nome científico provém do sinônimo de uma espécie registrada por Spix (1823), o *Callicebus gigot*. A taxonomia do gênero *Callicebus* é baseada na variação da coloração da pelagem, embora seja reconhecida por suas diferentes formas (CARNEIRO et al 2016). A distinção filogenética do *C. barbarabrownae* em relação às outras espécies do gênero *Callicebus* se dá por análises morfométricas do crânio em comparação com o *Callicebus coimbrai* (CARNEIRO et al 2016).

Figura 1. *Callicebus barbarabrownae*.



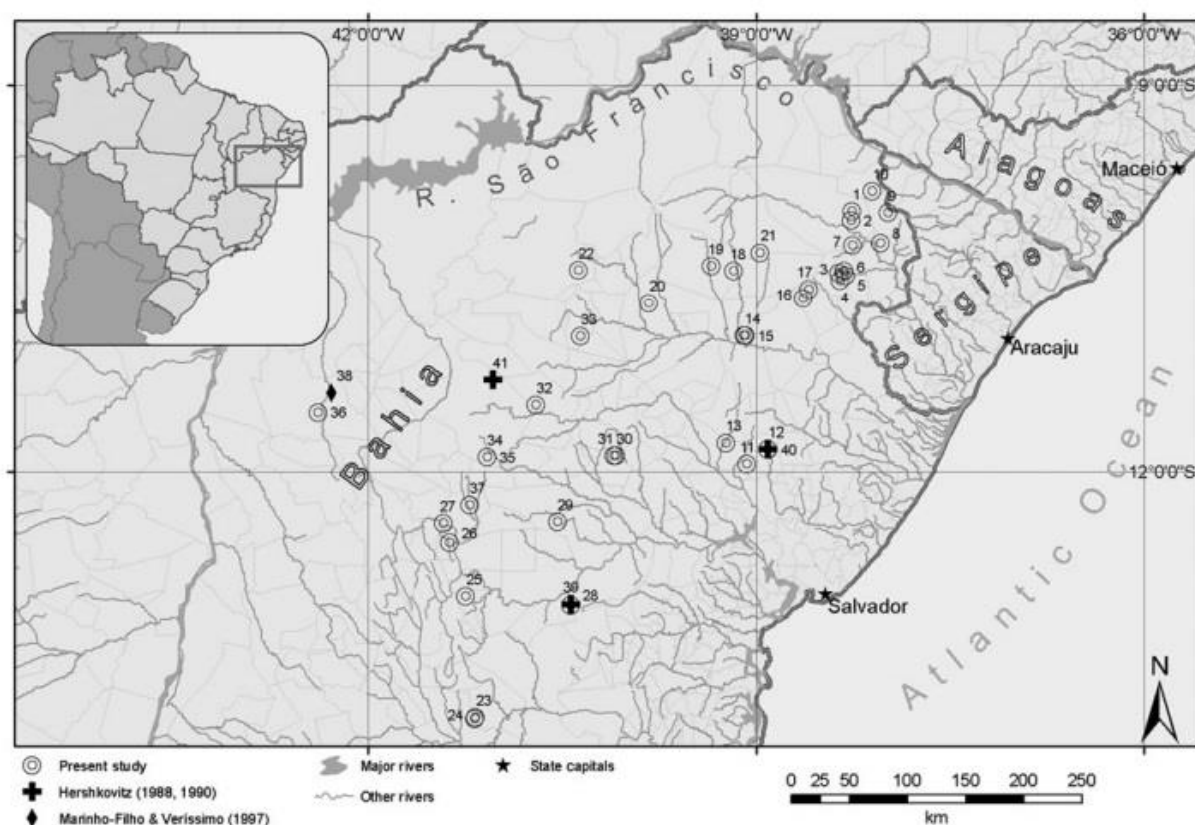
Foto: Gerson Buss - Acervo CPB/ICMBio.

2.1.2 DISTRIBUIÇÃO

Quanto à distribuição do *Callicebus barbarabrownae* (figura 2), a espécie é considerada rara e endêmica do bioma Caatinga no Brasil. Ela ocorre nos estados da

Bahia e Sergipe ao longo do Rio São Francisco no limite oeste em Serra do Salitre (BA), no limite leste do município de Coronel João Sá (BA) e no limite sul na Serra do Sincorá (BA), de acordo com Printes et al (2011). Ela é encontrada em mais de 55 sítios ao redor da Bahia e Sergipe (PRINTES et al 2011 e ESTRELA et al 2007). A Caatinga contém uma biodiversidade enorme e é considerada um dos biomas mais ameaçados do Brasil (LEAL et al, 2003).

Figura 2. Mapa de ocorrência da distribuição de *Callicebus barbarabrownae* pelos estados brasileiros da Bahia e de Sergipe, com identificação das localidades de extensão da espécie.



Fonte: PRINTES et al 2011.

2.1.3 ECOLOGIA COMPORTAMENTAL

Como a biologia e a ecologia da maioria dos primatas têm um histórico de conservadorismo filogenético (KAMILAR & COOPER, 2013), as características tendem a ser semelhantes entre espécies, em particular, entre gêneros e por essa

razão, o *C. barbarabrownae* compartilha muitas características com outras espécies do gênero *Callicebus* e sua subfamília Callicebinae (BARRETO et al, 2021). *Callicebus barbarabrownae* uma espécie que, por conta de sua distribuição, tem sua predominância arborícola e costuma ocupar as vegetações de médio e baixo dossel, raramente descendo ao solo (RIBEIRO et al, 2020). De acordo com Ribeiro et al (2020) e Souza-Alves (2011), a alimentação do gênero *Callicebus*, incluindo o *C. barbarabrownae*, em geral é equilibrada com frutos, folhas ou flores, porém em períodos de mais baixa disponibilidade de recursos típicos de herbívoros e frugívoros, esses primatas podem consumir insetos também.

O padrão reprodutivo do gênero *Callicebus* é, predominantemente, composto por indivíduos monogâmicos, pois procuram seu parceiro para o resto da vida. Reproduzem um filhote apenas por ano e geralmente o cuidado parental e convívio se estendem por um período de 2 a 3 anos até a prole atingir a maturidade reprodutiva (VALEGGIA; MENDOZA; FERNANDEZ-DUQUE; MASON; LASLEY, 1999). É a fêmea que carrega o filhote até quatro meses de idade e depois os machos ensinam a dividir comida, a socializar e a se cuidarem (ROBINSON et al, 1987). Vivem em grupos de três a cinco indivíduos (ROBINSON et al, 1987). Normalmente não se movimentam por distâncias maiores de 1000 metros uns dos outros, com exceções a algumas espécies do gênero *Callicebus* que se distanciam por 10 ha, mas com finalidade de procurar recursos alimentares para levar ao grupo por um determinado tempo (ROBINSON et al., 1987). Como os demais primatas, comunicação se dá através de sinais olfativos, táteis, visuais e auditivos (NAPIER E NAPIER, 1996).

2.1.4 CONSERVAÇÃO

O guigó-da-Caatinga atualmente se encontra na lista de primatas neotropicais ameaçados de extinção, sendo classificado como Criticamente Em Perigo C2a(i) pela IUCN Red List e também se encontra na Lista de Espécies Ameaçadas Brasileira com sua portaria nº 148 do Ministério do Meio Ambiente, atualizada em 07 de Junho de 2022 (PRINTES et al 2021; Ministério do Meio Ambiente/ICMBIO 2022). Os efeitos das ameaças a estes primatas se dão por conta da redução, perda e fragmentação causada pelas ameaças do desmatamento em conjunto com a agricultura e pecuária, novas construções rurais, e extenso crescimento urbano existentes nessas regiões

(BRASIL, 2018; PRINTES et al 2011). A relativa escassez de estudos faz com que as ações que contribuem para a sua preservação sejam limitadas e tornem a espécie mais frágil e mais ameaçada de extinção. Projetos como o “Projeto Primatas da Caatinga”, construído para contribuir com a conservação dos primatas ameaçados de extinção, ajudam a ter mais conhecimentos sobre o *C. barbarabrownae*. Sua área de ocorrência, informações sobre ecologia, registro de vocalizações e distribuição, tais como o estudo de Ribeiro et al (2020), Printes et al (2011 e 2021) que são importantes para auxiliar na elaboração de políticas públicas e configuram como parte da formulação e recomendações de um plano de ação de conservação elaborado para primatas do Nordeste ameaçados de extinção.

Dentre os objetivos desse plano, temos a manutenção de pelo menos cinco populações viáveis dessa espécie através do estímulo de programas em educação ambiental direcionadas a áreas importantes para a sua conservação, promoção da conectividade de habitats e estabelecimento de manejo populacional. O Plano de Ação Nacional para Conservação dos Primatas no Nordeste (PANPRINE) é uma Política Pública Nacional do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) gerida pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB) com ajuda de diversos pesquisadores e da sociedade civil. O plano não só contempla o guigó-da-Caatinga, mas também outras cinco espécies de primatas que habitam o Nordeste brasileiro (BRASIL, 2018).

2.2 COMUNICAÇÃO EM PRIMATAS

2.2.1 MODALIDADES DE COMUNICAÇÃO

A comunicação animal em geral pode ser conceituada como uma série de processos, em que um indivíduo usa um determinado tipo de sinal para moldar o comportamento de outro indivíduo para mediar os comportamentos sociais (MCGREGOR, PEAKE, 2000). Há vários tipos de sinais enviados e recebidos, tais quais os químicos, visuais, gestuais, sonoros e cada um deles combinados desempenha uma função importante para que a comunicação aconteça. Sinais são vários estímulos produzidos e propagados por um meio até um indivíduo e estes estão relacionados com a finalidade de interesse inicial ou até mesmo outra função que não seja a de comunicar algo (KREBS; DAWKINS, 1978). Entretanto, um dado indivíduo

ainda pode emitir alguma mensagem a quem irá receber esse sinal, como, por exemplo, a presença de um predador que pode chamar atenção do próprio predador ou do emissor do sinal (KREBS; DAWKINS, 1978).

Os diferentes canais de comunicação podem divergir de acordo com o habitat, hábitos do animal, grupo presente no momento da emissão da mensagem e são modificados quando necessário para melhorias de identificação, classificação, detecção e resolução (BRADBURY et al., 1998). A comunicação química se dá geralmente através de odores na forma de feromônios, e esta é uma transmissão frequentemente de finalidade reprodutiva para fornecer informações sobre o histórico de um indivíduo, seu rastro em determinada área, etc (BARROS; PESSOA, 2012). Os canais visuais fazem com que grupos entrem em contato por expressão corporal, expressões gestuais e interajam entre si, porém esta tem limitações dependendo do habitat (KREBS; DAWKINS, 1978). Os sinais táteis enviam informações instantâneas sobre a textura e consistência de um dado objeto, como por exemplo a diferenciação de um alimento comestível, o que não é facilmente detectado por outra modalidade de comunicação. Além disso, os sinais táteis exercem um papel de catação (limpeza na região do corpo do animal), tornando mais estreita as relações entre grupos e aumentando a comunicação social desses animais (BARROS; PESSOA, 2012).

Finalmente, os sinais acústicos demandam muita energia dos primatas, porém transmitem uma grande quantidade de informações e frequentemente tem longo alcance no ambiente arbóreo. A antropofonia e geofonia dos ambientes podem ser obstáculos para a leitura precisa das mensagens emitidas nos sinais acústicos (KREBS; DAWKINS, 1978).

2.2.2 COMUNICAÇÃO ACÚSTICA

A propagação de som requer um meio, seja ele sólido, líquido ou gasoso através de uma vibração que perturba moléculas gerando ondas mecânicas que se propagam em todas as direções a partir de sua fonte (BRADBURY; VEHRENCAMP, 1998). Cada som pode ser distinguido com suas diferentes propriedades, inclusive para se fazer a diferenciação de espécies sistematicamente. A comunicação acústica tem vantagens tais quais o longo alcance, variações de emissão e de percepção de sinais, preenchidos por um alto conteúdo informativo, e não é limitada por barreiras

ambientais (COSTA, 2016). Assim como há vantagens, há também desvantagens e estas podem delatar a localização para um possível predador, e pode ser menos efetiva em ambientes que sofrem com o mascaramento sonoro do ambiente (COSTA, 2016). Mascaramentos pela geofonia se caracterizam pelos sons gerados pela natureza (exemplos: vento, chuva, entre outros) e os pela antropofonia representam sons gerados pelas atividades que os seres humanos exercem (como ruídos de fábricas, usinas e até os típicos de áreas urbanas). A resposta do receptor pode ser imediata e óbvia, sutil e difícil de detectar, defasada no tempo ou pode, simplesmente, não ocorrer. Ter um receptor apto para a compreensão desse sinal é essencial, pois isso pode ajudar a manter o grupo estruturado, coeso e ainda garantir a sobrevivência de seus membros entre espécies (BRADBURY et al., 1998; BEZERRA et al 2017).

A comunicação acústica dos primatas pode revelar processos de ameaças, agir como indicadores sociais de declínio populacional, ajudar a moldar o comportamento, estrutura vocal e influenciar estratégias anti-predatórias (BEZERRA et al 2017). Além de sinalizar a qualidade ambiental do habitat e definir o tamanho populacional e seu sucesso reprodutivo, como é o exemplo a comunicação de infantes que costumam ser mais agudas comparadas aos adultos (COSTA, 2016).

A comunicação acústica de *Callicebus* vem sendo estudada por pesquisadores, e, ao longo dos anos, vocalizações de primatas desse gênero já podem ser encontradas em bibliotecas acústicas ou fonotecas em construção, como é o caso da Fonoteca Neotropical Jacques Viellard (FNJV). Vocalizações de longa distância (em inglês, “loud calls”), vêm sendo descritas nas espécies de *Callicebus* (CASELLI et al, 2014; ADRET et al, 2018). Muitas delas têm potencial para monitoramento e conservação de populações, pois, de acordo com Caselli, Mennill, Bicca-Marques e Setz (2014), estas servem para extrair alguns comportamentos sociais desses animais, como, por exemplo, comportamentos de defesa em grupo.

As vocalizações são construídas através de cooperações ou também chamado de duetos originados do casal e de outros membros do grupo para diversos fins, entre eles a questão do acesso aos recursos alimentares, interações grupais, defesa de território e alerta de proximidade dos predadores (CLINK; LAU; BALES, 2019). Um dueto é criado quando um indivíduo acompanha o outro iniciando a chamada vocal, estes criam padrões de vocalização para cada mensagem emitida e pesquisadores presumem que, a maior parte deles é originada para defesa e alerta (ADRET et al 2018). Os machos do grupo geralmente iniciam o dueto e em seguida a fêmea

continua, fazendo com que o dueto seja sobreposto (MULLER & ANZENBERGER, 2002). Além disso, as vocalizações do guigó-da-Caatinga são utilizadas tanto como “playback” para extrair respostas vocais de outro grupo e de outras espécies (CASELLI; MENNILL; GESTICH; SETZ; BICCA-MARQUES, 2015; RIBEIRO et al, 2020). Estudos sugerem que outros primatas podem também apresentar um comportamento social e vocal combinatório e sequencial. Um exemplo claro disso são os chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) que têm um repertório acústico próprio formado por combinações de sons por seus membros no grupo (LEROUX et al., 2022). Esta constatação reafirma a hipótese de que as diferentes combinações de chamada demandam um sistema social mais complexo (JACKENDOFF, 1999; NOWAK; PLOTKIN; JANSEN, 2000 e LEROUX et al., 2022).

3. PARTE 2 - COMPARAÇÃO ACÚSTICA DE DUETOS DE CALLICEBUS BARBARABROWNAE

3.1 INTRODUÇÃO

O objetivo desta parte do trabalho de conclusão de curso foi descrever as propriedades acústicas de duetos de *Callicebus barbarabrownae*, para entender como são compostos esses chamados de longas distâncias para a espécie. Além disso, objetivamos analisar se os elementos físicos e estruturais dos duetos são semelhantes qualitativamente ao de outras espécies de *Callicebus*. Outrossim, objetivamos avaliar se a estrutura física dos duetos varia entre localidades, e portanto, estimar se essas vocalizações podem ser usadas como ferramentas na discriminação das populações da espécie. Como ocorre em outras espécies de Callicebinae (CASELLI et al, 2014; ADRET et al, 2018), esperamos encontrar diferentes tipos de sinais acústicos compondo o dueto de *Callicebus barbarabrownae*. Além disso, esperamos encontrar similaridades entre os tipos de sinais acústicos de duetos descritos para Callicebinae em função da complexa proximidade filogenética entre esses animais. Por fim, esperamos encontrar variações na estrutura física dos duetos gravados em diferentes localidades, como já observados para outras espécies de primatas (ADRET et al, 2018; CASELLI et al, 2014).

3.2. METODOLOGIA

3.2.1 ANIMAIS E ÁREAS DE ESTUDO

Foram utilizados dados acústicos do primata *Callicebus barbarabrownae* coletados pelo biólogo e mestre Eduardo Marques, Analista Ambiental do ICMBio, durante expedições científicas do “Projeto Primatas da Caatinga”, gerenciado pelo Centro de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiro do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CPB-ICMBIO).

As amostras acústicas foram originárias de oito localidades pertencentes ao bioma Caatinga, mais precisamente nos estados da Bahia e Sergipe no período de 2016 a 2019 (Figura 3). Foram incluídas nas análises quatro localidades (Cícero Dantas em localidade inespecífica; Cícero Dantas – Fazenda Pedo Miúda; Euclides da Cunha e Ruy Barbosa) todas recorrentes do estado da Bahia. Cada localidade utilizada nas análises tem sua característica geográfica e ambiental. Cícero Dantas - BA (coordenada geográfica -10.46944, -38.25566) é uma região bastante alterada pela agricultura, apresenta cultivo de milho e mandioca, com pequenos fragmentos de Caatinga arbórea e arbustiva; Cícero Dantas – Fazenda Pedo Miúda - BA (coordenada geográfica -10.52132, -38.35049) caracterizada pelo fragmento de Caatinga arbórea arbustiva em estado ruim de conservação imerso numa matriz de pasto; Euclides da Cunha – BA (coordenada geográfica -10.63736, -39.17194) caracterizada como um habitat de caatinga arbustiva arbórea, extrato herbáceo, caatinga fechada e por fim, Ruy Barbosa – BA (coordenada geográfica -12.31458, -40.47155) caracterizada como Caatinga arbustiva arbórea com dossel de aproximadamente 20 m e árvores esparsas de 25m e extrato herbáceo abundante.

As amostras acústicas do estado de Sergipe não foram incluídas nas análises, pois as características físicas do dueto não foram extraídas devido à má condição do espectrograma construído no software. O objetivo do supracitado projeto foi de obter informações para preencher lacunas sobre a ecologia e conhecimento dessa espécie, além de avaliar a persistência de espécies ameaçadas de extinção no bioma da Caatinga (BRASIL, 2018). Desta forma, entre 2016 e 2019, foram visitadas localidades baseadas nos registros de ocorrências geográficas anteriores (PRINTES 2007, PRINTES et al 2011, SOUZA 2008) no bioma caatinga dos estados da Bahia e de Sergipe e nas espécies *C. barbarabrownae* e *Sapajus xanthosternos*.

Figura 3. Pontos de coleta acústica do *C. barbarabrownae*. Ícones em vermelho apontam as localidades de coleta nos estados de Sergipe e da Bahia, no Nordeste do Brasil.



Fonte: Eduardo Marques e autora. 2019, 2022.

3.2.2 GRAVAÇÃO ACÚSTICA DOS ANIMAIS

Os sons dos *Callicebus barbarabrownae* foram gravados em campo com dois conjuntos de captação, o primeiro, utilizado em 2016 era composto de um gravador Marantz PMD671 (Resposta de frequência 20-20kHz; com uma taxa de amostragem de 48kHz, 16bits) acoplado ao microfone do tipo shotgun Sony ECM 678. A partir de 2017, o sistema passou a ser composto por um Gravador ZOOM H6 (Resposta de frequência 20-20kHz; com uma taxa de amostragem de 48kHz, 16bits) acoplado a dois microfones MS capsule (para gravações do tipo mid-side; e um microfone shotgun Senheiser ME67 (resposta de frequência 40-20kHz). As gravações foram realizadas em formato WAV sem compressão para preservação dos parâmetros físicos do som. Os arquivos de som estão depositados na Fonoteca Neotropical Jacques Vielliard (FNJV) sob números de tomo do anexo A deste trabalho de conclusão de curso.

3.2.3 ANÁLISE DE DADOS

Foram obtidos parâmetros físicos de 65 duetos dessa espécie através do software BatSound após a construção de espectrogramas (Figura 4). Foram considerados os diferentes elementos (unidades silábicas, características físicas, entre outros) dos sons produzidos por *Callicebus barbarabrownae*. Foram extraídas as seguintes variáveis físicas: frequência mais alta, frequência mais baixa, frequência inicial e final, frequência de máxima energia, duração do início da sílaba até o final dela, duração da frequência mais alta até o final da sílaba, duração total do dueto e contagem de pulsos de cada dueto. Os duetos presentes nos espectrogramas são caracterizados por composições de longa distância, chamadas de bellow, pumping e a frase AE e estão incluídas nas representações dos diferentes sinais observados ao longo das análises feitas. O trabalho apresenta um padrão descoberto e não presente ainda em nenhuma pesquisa sobre dueto de Callicebinae, o padrão três linhas ≡ (Figura 4D).

Foi realizada uma análise de função discriminante (AFD) através do software Statistical Package for the Social Sciences v. 27 (SPSS - IBM Corporation) para averiguar se os diferentes elementos dos duetos diferiam entre si, pois esta análise fornece informações sobre dimensões individuais dos dados. Nesta análise, consideramos três (Bellow, Pumping e Frase AE padrão T) dos quatro tipos de sinais acústicos dos duetos (Bellow, Pumping e Frase AE padrão T e Padrão Três Linhas) com a amostra mínima de 10 exemplares por tipo de sinal. O quarto tipo de sinal não entrou nas análises deste trabalho, pois não foram extraídas as características físicas dos duetos a partir dos espectrogramas. Além disso, uma AFD foi realizada para investigar se as características físicas dos duetos poderiam ser usadas para discriminar os duetos gravados nas diferentes localidades. Neste último caso, foram consideradas apenas as localidades com pelo menos cinco duetos gravados num total de 65 amostras de sons.

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Composição do dueto

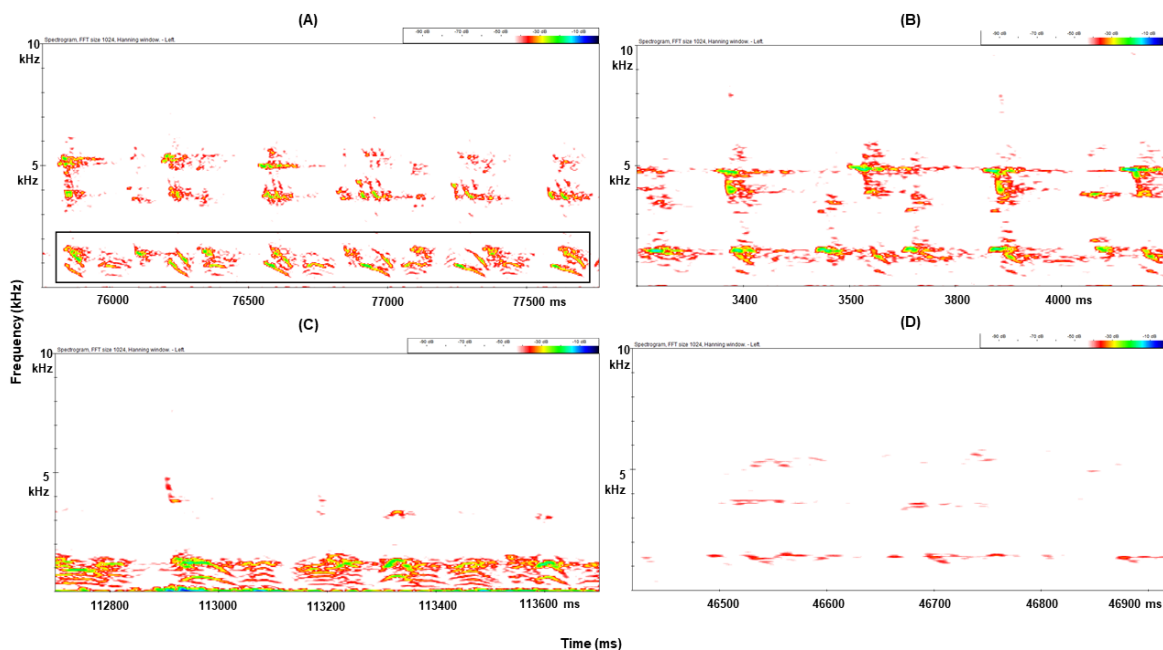
Os resultados mostraram que pelo menos quatro tipos de sinais acústicos diferentes, tais quais se definem como Bellow, Pumping, Frase AE padrão T (MULLER & ANZENBERGER, 2002; CASELLI et al, 2014) e Padrão Três Linhas (Figura 4, Tabela 1) podem compor os duetos de *Callicebus barbarabrownae*. Baseado na estrutura física de três (Bellow, Pumping e Frase AE) dos quatro sinais comparados, podemos observar que as variáveis Frequência inicial e Frequência máxima, através dos valores de significância (P) contribuíram para discriminar entre os três tipos de sinais incluídos nas analyses (Tabela 2). Observamos que 78% das vocalizações foram corretamente classificadas, baixando para 76.6% quando consideramos a validação cruzada. A função 1 gerada já explicou 94.5% da variância entre os três diferentes tipos de sinais acústicos considerados na análise de função discriminante (Figura 5).

Tabela 1. Características físicas dos componentes dos duetos de *Callicebus barbarabrownae*. Tipos de sinais acústicos definidos como composição dos duetos dessa espécie: Bellow, Pumping, Frase AE e Padrão Três Linhas.

Vocalização	N	Características físicas (média $\pm$ desvio padrão)							
		Duração primeira sílaba do dueto (ms)	Freq. Máx de Energia (kHz)	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Freq. Máx (kHz)	Freq. Mín (kHz)	Duração do início até a mais alta (ms)	Duração da freq mais alta até o final (ms)
Frase AE	11	189,64 $\pm$ 84,59	1,81 $\pm$ 1,59	4,14 $\pm$ 2,18	1,42 $\pm$ 1,13	5,33 $\pm$ 2,30	0,47 $\pm$ 0,33	41,18 $\pm$ 31,71	148,27 $\pm$ 80,22
Bellow	94	156,45 $\pm$ 71,97	2,16 $\pm$ 9,79	1,10 $\pm$ 0,62	1,02 $\pm$ 0,34	2,30 $\pm$ 1,53	0,45 $\pm$ 0,26	65,10 $\pm$ 44,41	88,86 $\pm$ 67,15
Pumping	19	131,16 $\pm$ 53,18	2,56 $\pm$ 1,78	2,79 $\pm$ 1,85	1,01 $\pm$ 0,30	4,09 $\pm$ 2,07	0,48 $\pm$ 0,26	33,79 $\pm$ 25,29	90,58 $\pm$ 54,47
Padrão três linhas	11	146,77 $\pm$ 51,34	2,15 $\pm$ 1,64	4,05 $\pm$ 1,59	3,71 $\pm$ 1,64	5,98 $\pm$ 1,72	0,54 $\pm$ 0,20	52,32 $\pm$ 25,98	92,59 $\pm$ 51,77

Fonte: A autora, 2022.

Figura 4. Espectrogramas mostrando os diferentes sinais observados nos duetos de *Callicebus barbarabrownae*. (A) sequências de bellow e pumping; (B) frase AE padrão T; (C) sequência bellow e (D) Padrão três linhas Ξ . FFT size 512; Hanning window Left.



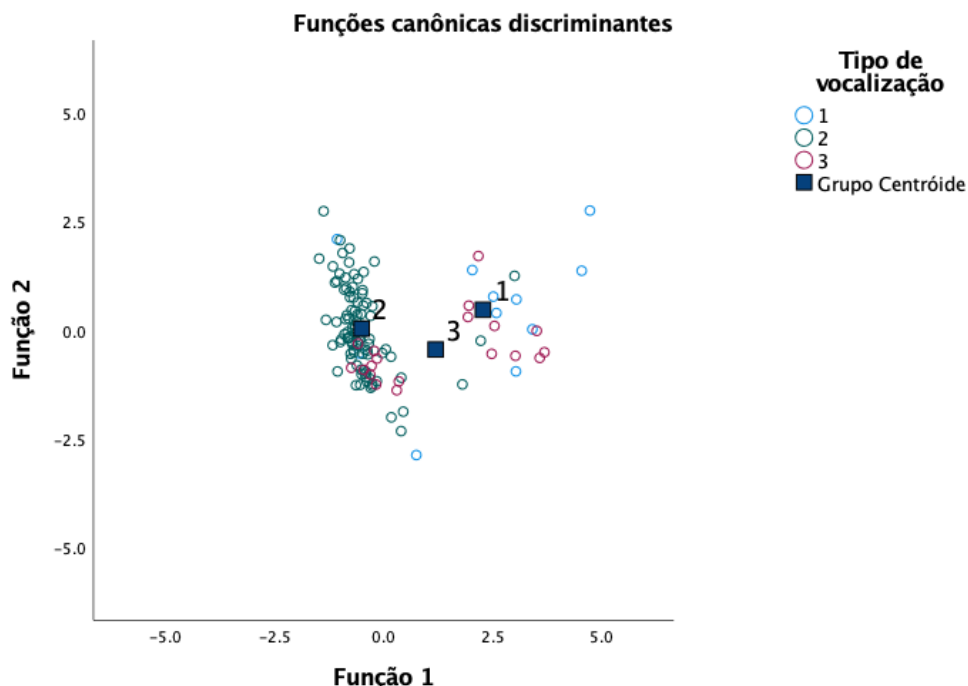
Fonte: A autora. 2022

Tabela 2. Variáveis consideradas na diferenciação de três dos quatro diferentes tipos de sons que compõem os duetos de *Callicebus barbarabrownae*. Lambda de Wilks medem o quão bem cada função separa os casos entre grupos (os números menores de lambda wilk significam maior capacidade discriminatória da função). O qui-quadrado valor de significância (P) indica que a função se dá melhor que a separação das variáveis, estes estão destacados em negrito. O valor de F testa as correlações. GL significa o grau de Liberdade.

Variáveis	Wilks' Lambda	F	GL1	GL2	P
Duração	0.962	2.419	2	121	0.093
Frequência de máxima energia	1.000	0.029	2	121	0.972
Frequência Inicial	0.545	50.554	2	121	0.000
Frequência Máxima	0.735	21.842	2	121	0.000

Fonte: A autora. 2022

Figura 5. Funções canônicas geradas para discriminar três dos quatro tipos de vocalização encontradas nos duetos de *Callicebus barbarabrownae*. Bellow, Pumping e Frase AE, respectivamente.



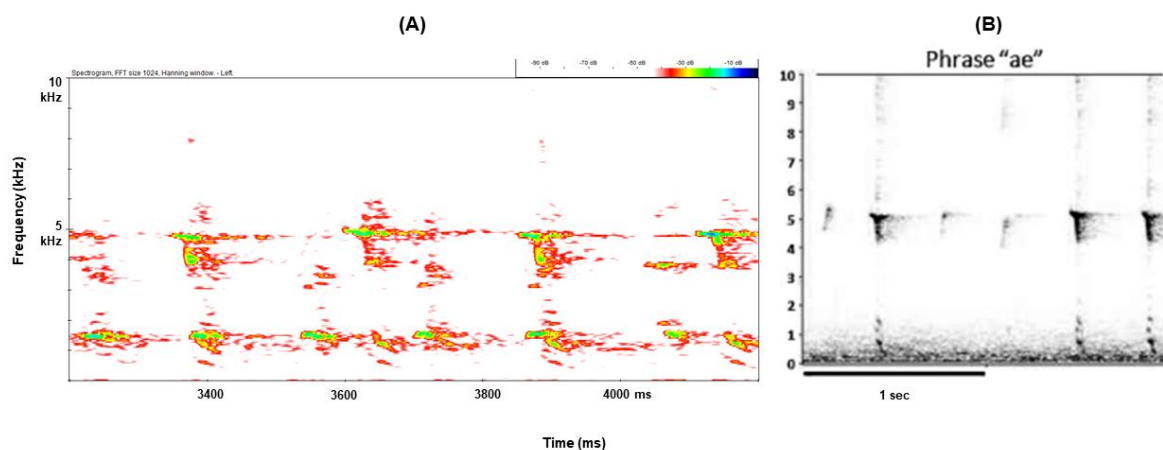
Fonte: A autora. 2022

3.3.2. Paralelo com duetos de outros Callicebinae

Os espectrogramas mostraram semelhança com algumas composições de sinais acústicos já observados em outras espécies de Callicebinae (Figura 7, Figura 8), como foi o caso das espécies *Callicebus nigrifrons* e *Plecturocebus donacophilus*. Essas composições chamadas de bellow, pumping e a frase AE estão incluídas nas representações dos diferentes sinais observados nos duetos das três espécies. Elas compõem as chamadas longas que são características dos espectrogramas analisados durante este trabalho. Além disso, nosso estudo ainda mostra um padrão descoberto e não presente em nenhum estudo sobre dueto de Callicebinae, o padrão três linhas Ξ (Figura 4D). O paralelo de duetos com a espécie *Callicebus coimbrai* (Kobayashi & Langguth, 1999) não foi levado em consideração neste trabalho, devido à escassez de estudos de duetos desta espécie, embora haja semelhança filogenética

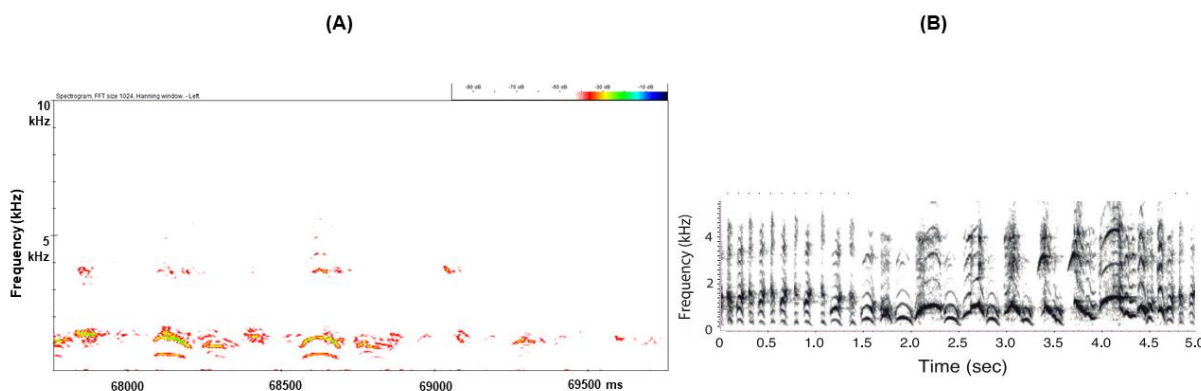
que explique o compartilhamento de algumas características com o *C. barbarabrownae*.

Figura 7. Composição da frase AE com a emitida por *C. nigrifrons*. (A) espectrograma da frase AE encontrada nas análises de sons de *C. barbarabrownae*. (B) frase AE encontrada nas análises de sons dos espectrogramas de *C. nigrifrons* (Caselli et al 2014).



Fonte: A autora, 2022.

Figura 8. Comparação da sequência “bellow” emitida por *Plecturocebus donacophilus*. (A) sequência “bellow” encontrada nos sons dos espectrogramas de *C. barbarabrownae* e (B) sequência “bellow” encontrada nos sons dos espectrogramas de *P. donacophilus* (Adret et al 2018).



Fonte: A autora, 2022.

3.3.3. Características físicas do dueto e localidade de coleta

Quando comparamos duetos de animais de quatro diferentes localidades com cinco ou mais duetos disponíveis, verificamos que cinco das 10 variáveis acústicas usadas nas análises contribuíram para discriminar entre as localidades (Tabela 4,

Tabela 3). A função 1 gerada explicou 50,7% e a função 2 explicou 29,5% da variância entre os duetos das diferentes localidades (Figura 6). Tivemos que 75% dos duetos foram corretamente classificados por localidade de origem, baixando para 50% quando considerando correção por validação cruzada – um reflexo potencial do número amostral.

Tabela 3. Características físicas dos duetos de *Callicebus barbarabrownae* gravados em quatro localidades e comparadas neste estudo.

Localidades	N	Características físicas do dueto (Média ± desvio padrão)									
		Quantidade de pulsos	Duração total do dueto (s)	Duração primeira sílaba do dueto (ms)	Freq. Máx de Energia (kHz)	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Freq. Máx (kHz)	Freq. Mín (kHz)	Duração do início até a mais alta (ms)	Duração da freq. mais alta até o final (ms)
Cícero Dantas - Unspecified	11	85,27 ± 28,63	18,08 ± 5,28	188,27 ± 71,26	1,01 ± 0,30	0,92 ± 0,32	1,05 ± 0,20	2,74 ± 2,08	0,57 ± 0,25	71,45 ± 38,99	111,64 ± 61,42
Coronel João Sá	6	36,67 ± 9,93	7,65 ± 1,59	176,33 ± 70,44	16,93 ± 38,73	1,63 ± 1,72	0,82 ± 0,29	2,93 ± 1,94	0,28 ± 0,05	42,50 ± 11,84	127,83 ± 83,07
Cícero Dantas - Fazenda Pedo miúda	15	108,87 ± 37,63	24,52 ± 9,33	177,27 ± 56,53	1,10 ± 0,21	1,01 ± 0,15	1,00 ± 0,35	2,67 ± 1,38	0,31 ± 0,16	66,60 ± 25,00	105,20 ± 58,67
Euclides da Cunha	7	83,43 ± 64,66	21,21 ± 17,46	82,57 ± 25,08	1,20 ± 0,10	1,00 ± 0,11	1,06 ± 0,15	1,23 ± 0,09	0,59 ± 0,28	55,86 ± 20,26	24,14 ± 14,43

Fonte: a autora, 2022.

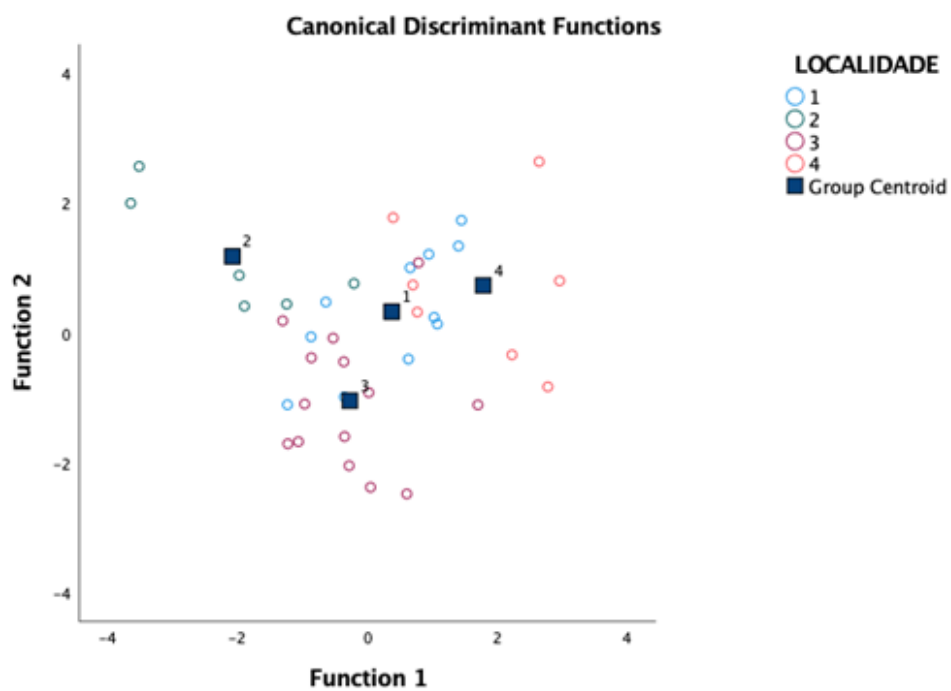
Tabela 4. Variáveis acústicas dos duetos de *Callicebus barbarabrownae* usadas para discriminar as localidades analisadas. Valores em negrito (P) mostram o quão significantes as variáveis foram para o resultado da análise.

Variáveis	Wilks' Lambda	F	GL1	GL2	Significância (P)
Pulsos	0.704	4.894	3	35	0.006
Duração total do dueto	0.725	4.414	3	35	0.010
Duração da 1ª sílaba	0.687	5.304	3	35	0.004
Freq. Máx de Energia	0.855	1.982	3	35	0.135
Freq. Inicial	0.880	1.588	3	35	0.210
Freq. Final	0.914	1.093	3	35	0.365

Freq. Máxima	0.870	1.744	3	35	0.176
Freq. Mínima	0.663	5.928	3	35	0.002
Duração inicial FMax	0.876	1.653	3	35	0.195
Duração Final FMax	0.725	4.429	3	35	0.010

Fonte: A autora, 2022.

Figura 6. Funções canônicas geradas para discriminar duetos de *Callicebus barbarabrownae* provenientes de quatro localidades analisadas.



Fonte: A autora. 2022

3.5. DISCUSSÃO

Observamos a existência de pelo menos quatro tipos de sinais acústicos compondo os duetos de *Callicebus barbarabrownae*. Alguns desses componentes se assemelham a de outras espécies de Callicebinae. Existem diferentes tipos de sinais acústicos compondo os duetos dos Callicebinae, os quais se traduzem em sílabas, cuja junção forma frases (ADRET; DINGESS; CASELLI; VERMEER; MARTÍNEZ; AMANCIO; VAN KUIJK; LINEROS; WALLACE; FERNANDEZ-DUQUE, 2018).

Membros da subfamília Callicebinae, assim como o *Callicebus barbarabrownae*, apresentam as frases AE (padrão T), bellows e pumpings. *Callicebus barbarabrownae* ainda apresentou um sinal como padrão específico da espécie, que foi o caso do Padrão Três Linhas Ξ , este não visto em nenhuma pesquisa científica publicada até aqui. Estudos futuros poderiam averiguar se os elementos comuns nos duetos dos Callicebinae revelam a espécie em sua estrutura física, assim como esses elementos poderiam diferenciá-las sistematicamente.

Especificamente, nossos resultados mostram que as vocalizações de *C. barbarabrownae* utilizam parte de padrões e das composições silábicas e sequenciais de outras espécies de Callicebinae como, por exemplo, *Callicebus nigrifrons* (Spix, 1823) e *Plecturocebus donacophilus* (Müller & Anzenberger, 2002). Há proximidade filogenética entre essas espécies (CARNEIRO et al., 2016), o que pode resultar em proximidade nos elementos da comunicação sonora, características ecológicas e biológicas (BARRETO et al, 2021; KAMILAR & COOPER, 2013). Os resultados das análises evidenciam o quanto essa proximidade filogenética é reafirmada nos elementos da comunicação sonora, afinal, foram encontrados padrões pertencentes à outras espécies da mesma subfamília. Por conta da semelhança filogenética do *C. barbarabrownae* com o *Callicebus coimbrai* observada em sua taxonomia, esperava-se também uma estrutura vocal de duetos semelhantes, porém não houve semelhança neste aspecto. Para enfatizar o quanto as diferentes combinações de padrões de chamadas são importantes nas vocalizações e no comportamento social de um primata e não só da espécie do Guigó-da-Caatinga, os chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) também têm um repertório acústico originado por diferentes sons. Esta averiguação reafirma a hipótese de que esse sistema social utilizado pelos primatas é complexo (LEROUX et al, 2022).

A estrutura física dos duetos de *C. barbarabrownae* variou entre localidades. A variação observada nos resultados é também um reflexo do número amostral na função canônica gerada. Essas variações podem estar atreladas a assinaturas vocais da população, e também a efeitos da paisagem. Por exemplo, áreas com uma maior cobertura vegetal, mascaramento ou ruído antrópico, proximidades com atividades antrópicas (pecuária, agricultura e ruídos de usinas próximas) podem fazer com que os primatas ajustem o sinal acústico para melhor transmissão e propagação no ambiente (ALBUQUERQUE; ARAÚJO; EL-DEIR; LIMA; SOUTO; BEZERRA; FERRAZ; FREIRE; SAMPAIO; LAS-CASAS, 2012). As quatro localidades analisadas

contêm diferentes características e isto pode fazer com que as assinaturas vocais das populações variem, como é o caso de Cícero Dantas – Fazenda Pedo Miúda, que tem sua vegetação caracterizada pelo fragmento de Caatinga arbórea arbustiva em estado ruim de conservação imerso numa matriz de pasto, e apresentou a média da contagem total de pulsos maior que as outras três localidades (Tabela 3). As atividades antrópicas mascaram os sinais sonoros emitidos, estes que são de extrema importância para esta espécie, uma vez que são animais bastante comunicativos e sociais na natureza. Além de ameaçarem a conservação da espécie no meio ambiente.

4. CONCLUSÃO GERAL

Neste trabalho mostramos que os duetos de *Callicebus barbarabrownae* são formados por pelo menos quatro componentes acústicos diferentes que apresentam semelhanças com duetos de outros Callicebinae. Mostramos ainda que a estrutura física dos duetos pode auxiliar na determinação da localidade de origem do animal, na sua assinatura vocal, estipular parâmetros paralelos à outras espécies, monitorar o estado de conservação de uma dada espécie, entre outros. As variações entre localidades podem estar ligadas às assinaturas vocais da população e também às paisagens do ambiente e seus efeitos, como é o caso de atividades antrópicas que podem mascarar os sinais sonoros que são de extrema importância para a comunicação e socialização desses animais na natureza.

Dos primatas neotropicais, o gênero *Callicebus* possui uma comunicação acústica coordenada e semelhante ao de outras espécies da mesma subfamília. Além disso, nosso estudo ainda mostra um tipo de som não presente em nenhum dueto de Callicebinae registrado até o momento, o Padrão Três Linhas Ξ (Figura 4D). Devido à complexidade do desempenho vocal dos Callicebinae, o repertório vocal em *C. barbarabrownae* ainda precisa de mais estudos sobre suas composições e contextos comportamentais. Uma descrição mais detalhada sobre o repertório e contexto vocal para esses animais seria um passo essencial para entender mais a respeito da ecologia e biologia da espécie, como realizado para outras espécies. As observações feitas neste trabalho servem de estímulo para futuras pesquisas sobre comunicação vocal e socialização de *C. barbarabrownae*.

5. REFERÊNCIAS

ADRET, Patrice; DINGESS, Kimberly; CASELLI, Christini; VERMEER, Jan; MARTÍNEZ, Jesus; AMANCIO, Jossy Luna; VAN KUIJK, Silvy; LINEROS, Lucero Hernani; WALLACE, Robert; FERNANDEZ-DUQUE, Eduardo. **Duetting Patterns of Titi Monkeys (Primates, Pitheciidae: Callicebinae) and relationships with phylogeny.** *Animals*, [S.L.], v. 8, n. 10, p. 1-33, 13 out. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani8100178>.

ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de; ARAUJO, Elcida de Lima; EL-DEIR, Ana Carla Asfora; LIMA, André Luiz Alves de; SOUTO, Antonio; BEZERRA, Bruna Martins; FERRAZ, Elba Maria Nogueira; FREIRE, Eliza Maria Xavier; SAMPAIO, Everardo Valadares de Sá Barreto; LAS-CASAS, Flor Maria Guedes. **Caatinga Revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest.** *The Scientific World Journal*, [S.L.], v. 2012, n. 5, p. 1-18, ago. 2012. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1100/2012/205182>. Acesso em: 29 ago. 2022.

ALTMANN SA. 1967. **The structure of primate social communication.** In: Altman SA, editor. *Social Communication among Primates*. Chicago: University of Chicago Press. p. 325-336. Acesso em: 29 ago. 2022.

ARAÚJO, Monique Bastos de. **Comunicação Vocal em Sapajus flavius na natureza.** 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/11746>. Acesso em: 30 ago. 2022.

BARRETO, Hamilton Ferreira; JERUSALINSKY, Leandro; EDUARDO, Anderson A.; ALONSO, André Chein; SANTOS JÚNIOR, Eduardo Marques; BELTRÃO-MENDES, Raone; FERRARI, Stephen F.; GOUVEIA, Sidney F.. **Viability meets suitability: distribution of the extinction risk of an imperiled titi monkey (Callicebus barbarabrownae) under multiple threats.** *International Journal of Primatology*, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 114-132, 25 nov. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10764-021-00259-7>.

BARROS, Priscilla Kelly Silva; PESSOA, Daniel Marques Almeida. ECOLOGIA SENSORIAL DE PRIMATAS: a importância da visão de cores. **Oecologia Australis**,

[S.L.], v. 16, n. 02, p. 265-282, jun. 2012. *Oecologia Australis*.
<http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2012.1602.06>.

BERGER-TAL Oded, Tal Polak, Aya Oron, Yael Lubin, Burt P. Kotler, David Saltz, **Integrando comportamento animal e biologia da conservação: uma estrutura conceitual**, *Ecologia Comportamental*, Volume 22, Edição 2, março-abril de 2011, Páginas 236– 239, <https://doi.org/10.1093/beheco/arq224>. Acesso em: 29 ago. 2022.

BEZERRA, B.; CASAR, C.; JERUSALINSKY, L.; BARNETT, A.; BASTOS, M.; SOUTO, A.; JONES, G. Pitheciid vocal communication: what can we say about what they are saying?. **Ethnobiology and Conservation**, [S. l.], v. 6, 2017. doi:10.15451/ec2017-09-6.15-1-18. Disponível em: <https://ethnobiococonservation.com/index.php/ebc/article/view/130>. Acesso em: 29 ago. 2022.

BRADBURY, Jack W. *et al.* Chapter 1: Signals and Communication. In: BRADBURY, Jack W. *et al.* **Principles of Animal Communication**. 2. ed. (S.A): Sinauer Associates, 1998. Cap. 1. p. 1-654.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros. **Projeto Primatas da Caatinga**. 2018. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cpb/index.php/component/content/article?id=106>. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lista oficial de espécies ameaçadas de extinção**. 2022. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/destaques-e-eventos/704-atualizacao-da-lista-oficial-das-especies-ameacadas-de-extincao.html>. Acesso em: 30 ago. 2022.

CASELLI, Christini B.; MENNILL, Daniel J.; BICCA-MARQUES, Júlio César; SETZ, Eleonore Z. F.. **Vocal behavior of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*): acoustic properties and behavioral contexts of loud calls**. *American Journal Of Primatology*, [S.L.], v. 76, n. 8, p. 788-800, 3 mar. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ajp.22270>.

CASELLI, Christini B.; MENNILL, Daniel J.; GESTICH, Carla C.; SETZ, Eleonore Z. F.; BICCA-MARQUES, Júlio César. **Playback responses of socially monogamous black-fronted titi monkeys to simulated solitary and paired intruders. American Journal Of Primatology**, [S.L.], v. 77, n. 11, p. 1135-1142, 20 jul. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ajp.22447>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26194463/>. Acesso em: 30 ago. 2022.

CLINK, Dena J.; LAU, Allison R.; BALES, Karen L.. Age-related changes and vocal convergence in titi monkey duet pulses. **Behaviour**, [S.L.], v. 156, n. 15, p. 1471-1494, 2019. Brill. <http://dx.doi.org/10.1163/1568539x-00003575>.

COSTA, Carla Aparecida da. **Descrição do repertório vocal e análise da função das vocalizações de curto alcance do bugiu ruivo (Alouatta guariba clamitans)**. 2016. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2016. Disponível em: <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/807>. Acesso em: 30 ago. 2022.

FRANCESCOLI, Gabriel. Presenting Bioacoustics in Ethology: part a animal bioacoustics. In: OTTA, Emma *et al* (org.). **ACOUSTIC COMMUNICATION: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH**. São Paulo: E-Book USP, 2021. Cap. 1. p. 13-18. Disponível em: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/647>. Acesso em: 29 ago. 2022.

GENTRY, Katherine E.; LEWIS, Rebecca N.; GLANZ, Hunter; SIMÕES, Pedro I.; NYÁRI, Árpád S.; REICHERT, Michael S.. **Bioacoustics in cognitive research: applications, considerations, and recommendations. Wires Cognitive Science**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 1-19, 16 jun. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/wcs.1538>.

JACKENDOFF, Ray. **Possible stages in the evolution of the language capacity. Trends In Cognitive Sciences**, [S.L.], v. 3, n. 7, p. 272-279, jul. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1364-6613\(99\)01333-9](http://dx.doi.org/10.1016/s1364-6613(99)01333-9).

KAMILAR, Jason M.; COOPER, Natalie. **Phylogenetic signal in primate behaviour, ecology and life history. Philosophical Transactions Of The Royal Society B:**

Biological Sciences, [S.L.], v. 368, n. 1618, p. 1-10, 19 maio 2013. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0341>.

KREBS, John R.; DAWKINS, Richard. Animal signals: Information or manipulation? In: KREBS, John R.; DAVIES, Nicholas B.. **Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach**. 2. ed. London, England: Wiley-Blackwell, 1978. p. 1-480.

LEAL, Inara R.; LOPES, Ariadna V.; MACHADO, Isabel C.; TABARELLI, Marcelo. **Interações planta-animal na Caatinga: visão geral e perspectivas futuras. Ciência e Cultura**, [S.L.], v. 70, n. 4, p. 35-40, out. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400011>. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000400011. Acesso em: 30 ago. 2022.

LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo; SILVA, José Maria Cardoso da (ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. 2. ed. Recife: Editora Universitária Ufpe, 2005.

LEROUX, Maël; CHANDIA, Bosco; BOSSHARD, Alexandra B; ZUBERBÜHLER, Klaus; TOWNSEND, Simon W. **Call combinations in chimpanzees: a social tool?. Behavioral Ecology**, [S.L.], v. 1, n. 10, p. 1-8, 4 ago. 2022. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/beheco/arac074>. Disponível em: <https://academic.oup.com/beheco/advance-article-abstract/doi/10.1093/beheco/arac074/6655605>. Acesso em: 30 ago. 2022.

MARQUES, Eduardo La Noce; BELTRÃO-MENDES, Raone; FERRARI, Stephen Francis. Primates, Pitheciidae, Callicebus barbarabrownae Hershkovitz, 1990: new localities for the critically endangered titi monkey in the são francisco basin, state of sergipe, brazil [with erratum]. **Check List**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 113, 1 mar. 2013. Pensoft Publishers. <http://dx.doi.org/10.15560/9.1.113>.

MCGREGOR, P., Peake, T. **Communication networks: social environments for receiving and signalling behaviour. acta ethol** 2, 71–81 (2000). <https://doi.org/10.1007/s102110000015>

MÜLLER, Alexandra E.; ANZENBERGER, Gustl. **Duetting in the titi monkey Callicebus cupreus: structure, pair specificity and development of duets. Folia Primatologica**, v. 73, n. 2-3, p. 104-115, 2002.

NAPIER, J. R., & NAPIER, P. H. (1996). **The natural history of the primates**. Cambridge, MA: The MIT Press. Acesso em: 29 ago. 2022.

NOWAK, Martin A.; PLOTKIN, Joshua B.; JANSEN, Vincent A. A.. **The evolution of syntactic communication**. *Nature*, [S.L.], v. 404, n. 6777, p. 495-498, mar. 2000. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/35006635>.

PENAR, Weronika; MAGIERA, Angelika; KLOCEK, Czesław. **Applications of bioacoustics in animal ecology**. *Ecological Complexity*, [S.L.], v. 43, n. 5, p. 100847-100852, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100847>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1476945X19301606>. Acesso em: 02 set. 2022.

PRINTES, R.C., Jerusalinsky, L., Alonso, A.C. & Mittermeier, R.A. 2021. **Callicebus barbarabrownae (amended version of 2020 assessment)**. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T39929A191703041. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T39929A191703041.en>. Acesso em: 29 ago. 2022.

PRINTES, Rodrigo C.. **Etnoprimatologia e conservação de Callicebus barbarabrownae**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280568842_Etnoprimatologia_e_conservacao_de_Callicebus_barbarabrownae. Acesso em: 30 ago. 2022.

PRINTES, Rodrigo C.; RYLANDS, Anthony B.; BICCA-MARQUES, Júlio César. **Distribution and status of the Critically Endangered blond titi monkey Callicebus barbarabrownae of north-east Brazil**. *Oryx*, [S.L.], v. 45, n. 3, p. 439-443, jul. 2011. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0030605311000111>.

RIBEIRO, Udemario Maia; DO NASCIMENTO JUNIOR, José Monteiro. Francisco Mário Fagundes Barbosa³ e Marcos Roberto Rossi dos Santos⁴. **NEOTROPICAL**, v. 26, n. 1, p. 41, 2020.

RICKLEFS, Robert E. **Economia da Natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

ROBINSON, John G. *et al.* Monogamous Cebids and their relatives:: intergroup calls and spacing. In: SMUTS, Barbara B. (ed.). **Primate Societies**. Chicago: University Of Chicago Press, 1987. Cap. 5. p. 1-578. Disponível em: https://www.goodreads.com/book/show/360536.Primate_Societies. Acesso em: 30 ago. 2022.

SOUZA-ALVES, João Pedro. **Ecologia alimentar de um grupo de Guigó-de-Coimbra-Filho (*Callicebus coimbrai* Kobayashi & Langguth, 1999): perspectivas para a conservação da espécie na paisagem fragmentada do sul de Sergipe**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - Sergipe, 2010. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp122434.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2022.

TEIXEIRA, Daniella; MARON, Martine; RENSBURG, Berndt J.. Bioacoustic monitoring of animal vocal behavior for conservation. **Conservation Science And Practice**, [S.L.], v. 1, n. 8, p. 1-15, 11 jun. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/csp2.72>.

VALEGGIA, C. R.; MENDOZA, S. P.; FERNANDEZ-DUQUE, E.; MASON, W. A.; LASLEY, B.. Reproductive biology of female titi monkeys (*Callicebus moloch*) in captivity. **American Journal of Primatology**, [S.L.], v. 47, n. 3, p. 183-195, 1999. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2345\(1999\)47:33.0.co;2-j](http://dx.doi.org/10.1002/(sici)1098-2345(1999)47:33.0.co;2-j).

ANEXO A - Tabela com número de tombo dos arquivos de som depositados na Fonoteca Neotropical Jacques Vielliard (FNJV) e usados nas análises do presente trabalho de conclusão de curso.

Número	Classe	Família	Gênero	Espécie	Nome popular
50473	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50474	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50475	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50476	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50477	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50478	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50479	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50480	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50481	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50482	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50483	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50484	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50485	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50486	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50487	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50488	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50489	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50490	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50491	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50492	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50493	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50494	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	sp.	
50495	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50496	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50497	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50498	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi

50499	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50500	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50501	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi
50502	Mammalia	Pitheciidae	Callicebus	barbarabrownae	Barbara Brown's titi

Fonte: Fonoteca Neotropial Jacques Vielliard, 2019.