

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

ANIELISE DA CONCEIÇÃO CAMPÊLO

**ECOLOGIA COMPORTAMENTAL DE *SAIMIRI SCIUREUS* NA FLORESTA
ATLÂNTICA E PROPAGAÇÃO DE VOCALIZAÇÕES DE QUATRO PRIMATAS
BRASILEIROS EM DIFERENTES BIOMAS**

RECIFE

2017

ANIELISE DA CONCEIÇÃO CAMPÊLO

**ECOLOGIA COMPORTAMENTAL DE *SAIMIRI SCIUREUS* NA FLORESTA
ATLÂNTICA E PROPAGAÇÃO DE VOCALIZAÇÕES DE QUATRO PRIMATAS
BRASILEIROS EM DIFERENTES BIOMAS**

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

Orientadora: Profª. Drª. Bruna M. Bezerra
Coorientador do Prof. Dr. João Pedro Souza-Alves.

RECIFE

2017

Catalogação na fonte
Elaine Barroso
CRB 1728

Campêlo, Anielise da Conceição

Ecologia comportamental de *Saimiri sciureus* na Floresta Atlântica e propagação de vocalizações de quatro primatas brasileiros em diferentes biomas / Anielise da Conceição Campelo. - 2017.

104 folhas: il., fig., tab.

Orientadora: Bruna M. Bezerra

Coorientador: João Pedro Souza-Alves

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Recife, 2017.

599.8

CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2017-663

ANIELISE DA CONCEIÇÃO CAMPÊLO

ECOLOGIA COMPORTAMENTAL DE *SAIMIRI SCIUREUS* NA FLORESTA ATLÂNTICA E PROPAGAÇÃO DE VOCALIZAÇÕES DE QUATRO PRIMATAS BRASILEIROS EM DIFERENTES BIOMAS

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.

Orientadora: Profª. Drª. Bruna M. Bezerra
Coorientador: Prof. Dr. João Pedro Souza-Alves

Aprovado em: 22/09/2017

BANCA EXAMINADORA

Dr. Paulo Sérgio Martins de Carvalho (Membro titular)/UFPE

Dr. Luciano Nicolas Naka (Membro titular)/UFPE

Dra. Carla Soraia Soares de Castro (Membro titular)/UFPB

Dr. Maria Adélia B. de Oliveira (Membro suplente externo)/UFRPE

Dr. Artur Campos Dália Maia (Membro suplente interno)/UFPE

Ao meus pais, Dinho e Carminha, e meus irmãos
Deco, Tico, Kaká e Mari. Tudo o que eu tenho. Com
todo o meu amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

Talvez eu pudesse escrever uma centena de páginas só para manifestar a intensidade deste sentimento que carrego hoje, mas que vim construindo exageradamente ao longo desses dois anos. Vou compactar e eternizar em algumas páginas, todos aqueles envolvidos nesse processo de aprendizagem e crescimento tão intenso, que foi o mestrado. Consigo enxergar e sentir cada um de todos vocês nas entrelinhas dessa dissertação, e embora a capa deste trabalho tenha estampado o meu nome, gostaria de dizer que tenho plena consciência de que nunca estive só e que essa conquista não é só minha.

Gostaria de agradecer a UFPE e ao PPGBA pela oportunidade e suporte, e ao CNPq pela concessão da bolsa de incentivo a pesquisa. Eu tive a oportunidade de usufruir de diversos benefícios que são de suma importância para o incentivo e aprimoramento do campo científico no país, e espero que outros também o possam. Sem isso, é difícil e quando não, impossível, fazer o Brasil de desenvolver. Agradeço aos professores que somaram os meus conhecimentos através das disciplinas, e aos professores que aceitaram avaliar e contribuir com este trabalho e, consequentemente, com minha formação: Arthur Maia, Maria Adélia Oliveira, Paulo Carvalho, Luciano Naka e Carla Castro.

Agradeço ao Instituto Ricardo Brennand, nas pessoas do Sr. Ricardo Brennand, de Carlos Lima e, especialmente, de Rodolfo Godoy, por ter assumido a responsabilidade do desenvolvimento dessa pesquisa no Instituto. Agradeço também aos funcionários do IRB, por terem colaborado com o compartilhamento de informações e com a logística do trabalho na primeira fase do nosso campo. Agradeço ao Comando Militar do Nordeste, nas pessoas do Major Hereda, Major Chipolline, Ten. Vitor e Sgt. Assis; a 10º Brigada de Infantaria Motorizada, nas pessoas do Coronel Evandro, Ten. Dimas, Capitão Ferreira, Sgt. Luan e Sgt Sena; e aos quase 40 soldados que nos acompanharam nos dias de campo. O apoio e parceria dessas pessoas e instituições são de suma importância, tanto para a pesquisa, quanto para a preservação do Refúgio de Vida Silvestre – Mata do Curado.

Agradeço aos macaquinhas-de-cheiro por terem deixado que eu invadisse a casa e privacidade deles por longos dias, e por terem colaborado com tudo isso na maioria das vezes. Eles nem tem culpa de estarem no lugar errado, e é para tentar dar a eles o que merecem como seres vivos e graciosos, que me propus a fazer com amor este trabalho.

Não consigo contar nas mãos quantas coisas aconteceram desde que surgiu a oportunidade de fazer o mestrado, mas sinto ainda hoje a importância de um ‘sim’ para isso

tudo. Eu agradeço imensamente a confiança depositada em mim pela coordenadora do PPGBA, professora, orientadora e a pessoa de Bruna Bezerra. Mais dois anos de trabalho conjunto, de aprendizagem, de coisas novas e de situações imprevistas. Mais dois anos pensando juntas. Primeiramente, peço desculpa por qualquer falha cometida durante esse tempo. A intenção sempre foi acertar e, nas inevitáveis falhas, aprender. Em segundo lugar, quero expressar que a figura de um orientador, a exemplo de Bruna, não é apenas dizer o que fazer, como e quando. Não é dar prazos e cobrar, apenas. A função do orientador é ser o apoio, a amizade e a tranquilidade que nós, alunos, precisamos ter. Eu pude perceber o quanto ter o apoio dessa mulher me fez seguir em diante, mesmo achando que ia dar tudo errado. Eu recebi o apoio de muita gente, mas sentir que no meio do caos, a gente ainda conseguia estar em sintonia, me fez levantar a cabeça. Muito obrigada, Bruna.

No final de 2015, Deus mandou de paraquedas um ser humano incrível. Foi ele aterrissando e eu comecei a usufruir da sua competência, paciência, disposição e amizade. Ele deve ter noção do quanto importante se tornou e do tamanho da gratidão e carinho que tenho por ele. Eu o agradeço por ter me acompanhado no primeiro dia de campo, quando eu não sabia fazer absolutamente nada na prática, por ter me ensinado a fazer um simples *scan*, e por ter se tornado o coorientador mais brother, mais top, mais fofo que alguém pode ter. Obrigada por ter aguentado a barra comigo, por ter compartilhado tanta experiência e pela confiança. A maioria das pessoas sabe, porque eu faço questão de dizer, que você foi meus pés, minhas mãos e até minha cabeça na maioria desse tempo tão curto e intenso. João, a tua parceria foi necessária e imprescindível. Trabalhar contigo foi e vai continuar sendo sensacional.

Ao longo de um ano e cinco meses eu pude vivenciar intensamente uma experiência maravilhosa. Conheci algumas pessoas que tornaram possível e muito melhores os meus dias de campo. Gostaria de deixar ainda mais estampada a minha gratidão as Saimirifary's: Ingrid, Aline, Lia e Aninha. Nós vimos o tamanho do desafio quando chegamos ao pé da montanha, ao longo do percurso nós percebemos o que temos de fraco e o que temos de forte, e hoje entendemos que somos capazes de ir muito além. Através de um único olhar, sou capaz de enxergar o que passamos, o quanto crescemos e como fomos importantes umas para as outras. O empenho, a abdicação, a soma de conhecimento, a vontade de fazer e ser melhor, os sustos, o medo, a curiosidade, os sorrisos, os choros, os abraços, cascudos e os conselhos colocaram vocês num cantinho muito reservado do meu coração. Lá, eu ponho o carinho e a amizade mais sincera. Obrigada por terem sido as pessoas com quem pude contar para fazer tudo isso acontecer de domingo a domingo, de noite e de dia. Igual a vocês não tem e nem quero.

Eu tive a felicidade de poder contar com algumas pessoas que não estavam no script do trabalho, mas que com a maior boa vontade do mundo, dedicaram uma parcela do tempo para me ajudar. Agradeço a meus irmãos, André e Altieres, por terem sido tão solícitos e dispostos quando eu pedi socorro. Ter irmã bióloga faz de vocês os melhores auxiliares de campo com hora não marcada que esse mundo já viu. Agradeço a Sidney, por ter enfrentado comigo o desafio dos primeiros dias de campo, por ter dedicado o seu tempo e me inspirado confiança para encarar a realidade de um mestrado. Aos outros auxiliares, que saíram da função facultativa para obrigatória e encararam a novidade da pesquisa com paciência e boa vontade, e que são os 14 melhores soldados quase biólogos que vocês respeita: Nilo, Leonardo, Brito, LUPI, Tarcísio, Paulo, Feitosa, Alberto, Herinho, Quadros, Targino, Jonas, Silva e Luz. Agradeço pelos momentos de descontração, pelo apoio físico e moral e pela aprendizagem. Aos meus companheiros de profissão que eu já conhecia ou que conheci a partir do momento que entraram nessa jornada e colaboraram imensamente com a execução do trabalho em três cantinhos desse Brasil. A Will, Gui, minha querida Ju, Bebel, Yuri e Matheus Castro. Cada um já com suas responsabilidades a serviço da biologia, contribuíram intelectual e fisicamente para que chegássemos o mais perto do melhor possível. Desculpem a escravidão a que vocês foram submetidos, no sol e na chuva, somente com a intenção de ajudar. Não há nada que pague o que vocês fizeram.

Deixo meus agradecimentos ao professor Wilson Espironello, por ceder com carinho sua casa como ponto de apoio da nossa pesquisa em Manaus, assim como a família do Sr. Clebeu, em Salgueiro. O conforto do lar nos deu noites de sono reparadoras e todo o suporte necessário para alimentação, estudo e descanso. Agradeço a Edna e a dona Auxiliadora pela preparação do alimento feito com tanto carinho em Salgueiro. Agradeço a Pâmella e Lucas pela gentileza e confiança em nos deixar morar em sua casa, mesmo não estando em Manaus. O mimo e o amor esteve muito presente em cada detalhe da casa de vocês. Muito obrigada.

Sem dúvida, um dos meus maiores agradecimentos vai para uma criança maravilhosamente amável. Maria Yasmin, muito obrigada por existir na minha vida. Eu, verdadeiramente, te amo. Um dia você vai ler isso e vai entender a sua importância para nós. O que esta criança é capaz de fazer com a gente, até Deus duvida. Conhecê-la foi a porta de entrada para fazer parte de uma casa e uma família que abriu as portas do coração e nos aconchegou dentro, como cinco filhas. Foi uma das coisas mais lindas que já pude vivenciar na minha vida. Bater na porta de alguém desconhecido para pedir um espaço no quintal, e ganhar de presente uma amizade sem tamanho. Dona Deta, Seu Enéas, Rafa, Dona Jeane,

Matheus (*in memorian*) e cada membro da família que até agora pude conhecer, eu agradeço sem cansar todos os dias por tudo o que vocês fizeram por nós. Cada gesto de atenção, de cuidado, de carinho, de extrema confiança e de amor mudou minha vida. Começou com um “se precisar de água, é só pedir” e hoje eu digo que se precisar de qualquer coisa, estou aqui. Saibam que hoje eu tenho uma nova família para zelar como todo prazer e amor do mundo. Que Deus os abençoe todos os dias. Amo vocês.

Agradeço aos moradores e trabalhadores da região por toda ajuda com informações relevantes para nossa pesquisa, por ceder os quintais para nós durante as idas e vindas dos macacos e por toda paciência com esses trombadinhos da mata. Um agradecimento especial para Rodrigo Aragão (que odeia os macacos, mas mora no meu coração) e uma lembrança carinhosa de Seu Ró (*in memorian*).

Aos queridos companheiros de laboratório, além dos já citados, muito obrigado pelo compartilhamento de conhecimento, de ideias, sugestões, pelos momentos de alegria para aliviar os estresses diários. Saúdo especialmente Karol e Monique. Nem sei quantas vezes a gente se identificou com o caos uma da outra, mas sei que o apoio de vocês foi impulso para caminhar e não desistir. Obrigada as duas pela super ajuda com as vocalizações, com o BatSound e até com o Word. A gente vai comemorar com muito pão francês e a musiquinha do “vai dar tudo certo...”.

No meio da agonia do campo, duas meninas, amigas, irmãs que Deus me deu a uma década, abriram as portas da casa e me deixaram dividir o quarto nas noites de sono. Thaisa, Tita e família, eu agradeço a vocês do fundo do coração por estarem comigo desde sempre, me apoiarem, mesmo não entendendo a minha “loucura”. Obrigada pelo cuidado, pelos puxões de orelha, pela atenção e por todo amor. Amo vocês.

Estar em campo foi difícil e sair dele foi ainda mais. Aí Deus colocou as pessoas certas, na hora certa, para me falar o que eu precisava escutar e para fazer o que eu não conseguia. Paulinha e Evelyn, eu sei lá o que seria de mim sem vocês. Obrigada por terem aturado todo o meu caos, por terem segurado na minha mão, pelas gentilezas e pelas brutalidades também, por me deixarem derramar lágrimas nos ombros de vocês, por serem tão presente, por tentarem me entender e estarem tão sintonizadas comigo quanto eu estou a vocês diariamente. Um dos maiores tesouros que a universidade me deu foram vocês duas, que eu amo demais. Lia e Aninha, vocês são a prova de que o mundo da voltas e que não importa o dia e a hora, o que tem que acontecer, acontece. Pensava que vocês seriam duas garotas de quem eu um dia fui monitora e apenas isso. Na verdade, a gente precisou se encontrar de

novo, porque seria muito desperdício de amizade deixar vocês duas passarem assim. Além da ajuda infinita no campo, eu agradeço pelo carinho e compreensão de vocês, por terem sido um abrigo e apoio dentro e fora de campo, quando o assunto era trabalho e quando não era também. Não largo mais e amo muito vocês. Eu quero agradecer também a uma pessoa que se atravessou no meu caminho do nada, mas resolveu ficar e ser maravilhoso. Obrigada Brito, por ter feito tão além do que era uma obrigação do trabalho. Obrigada por ter dedicado um tempo para aprender, me ajudar, escutar os meus problemas e ser tão comprehensivo. Estou do teu lado. Agradeço a Alberto por ser um ser humano tão sensacional na minha vida. Mesmo estando longe, suas palavras faladas e escritas me alcançam e me levam até a paz que eu preciso. E obrigada Arthur Cabral, pelo apoio moral e pela ajuda com a correção dos textos.

Gostaria de agradecer também aqueles que não se envolveram completamente no meu trabalho, talvez nem entendam o que eu faço e a finalidade disso tudo, mas foram tão comprehensíveis com minha ausência, me incentivaram com palavras e estavam torcendo para que tudo desse certo. Ao The Fratellis pelo laço incorrompível e pela amizade eterna; as Las Chicas, que amam a biologia tanto quanto eu; a família EJC, por serem minha ligação mais profunda com Deus; agradeço aos meus avós, tios e primos por todo apoio sem tamanho. Eu fiz e faço da casa de vocês a minha casa e da cama de vocês a minha cama, quando minha casa parece distante demais. Ao longo desses dois anos me apoiaram (como sempre fazem) com orações, incentivo emocional e até financeiramente. Sou eternamente grata e morro de amores por vocês. Deixo meu agradecimento em forma de homenagem a meu pequeno/gigante Davi e a mainha dele, Rute. Vocês são muito vitoriosos e fonte de inspiração para viver.

Finalmente e mais importante do que tudo que possa existir aqui na terra e mais além, eu agradeço aos meus pais, Dinho e Carminha, por absolutamente tudo. Ainda não cheguei nem perto de saber o que é o amor dos pais por um filho, mas eu sinto em cada segundo da minha vida esse amor vivo dentro de mim. Vocês são sensacionais, são excepcionais, maravilhosos, são os melhores que Deus poderia me dar. Eu só, e somente só, embarquei nessa aventura porque vocês disseram um ‘sim’ junto comigo. Me apoiaram, entraram numa nova rotina, aceitaram me dividir com a faculdade, com a mata, com os macacos, com a biologia sem nunca questionar minha decisão, só porque sabem que é o que eu amo e sou feliz fazendo. Apesar de ter ficado tão ausente fisicamente durante esses dois anos, ter sentido saudade mesmo estando tão perto, vocês são o motivo que me faz levantar todas as manhãs e agradecer por tudo que tenho e sou, não importa onde eu esteja. É impressionante como tudo

se ajusta quando a gente decide fazer as coisas juntos, independente do que possa acontecer. Muito obrigada por não desistirem, por se desdobrarem para serem um só para mim e meus irmãos. Vocês são aqueles que eu mais amo nessa vida. Aproveito para dizer o quanto sou grata por ter os melhores irmãos do mundo, Deco, Tico, Kaká e Mari. Sendo frutos do mesmo amor que o meu, me sinto tão responsável quantos nossos pais por estar presente na vida de vocês, ensinar o que aprendo na minha vida e aprender com a vida de vocês, que me surpreende todos os dias. Se fosse para ser única, preferia não ser. Prefiro estar com vocês sempre.

Agradeço a minha Santa e Imaculada Virgem Maria, minha mãe do céu, por me colocar no colo e me deixar repousar e confiar na vontade de Deus. Por fim, agradeço ao dono da minha vida, ao meu grande amor, por estar comigo em todos os lugares, todos os momentos, nas minhas alegrias e no meu desespero, por conhecer quem eu sou, ser minha fortaleza para viver a vida e a minha esperança. Muito obrigada, meu Deus.

Não há no mundo exagero mais belo do que a gratidão.

Jean de La Bruyère

RESUMO

Os macacos-de-cheiro (*Saimiri sciureus*) são primatas amazônicos que possuem uma plasticidade comportamental que os permite habitar uma diversidade de ambientes. Embora eles tenham sido introduzidos na Mata Atlântica em 1980, poucos são os estudos que visam verificar se esta espécie está adaptada e os possíveis impactos a este bioma. Este trabalho teve como objetivo elucidar aspectos comportamentais e ecológicos do macaco-de-cheiro em um fragmento de Mata Atlântica, bem como comparar a eficiência da propagação da sua vocalização com a de três primatas do nordeste do Brasil (*Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius*, *S. libidinosus*) em três biomas. Os macacos-de-cheiro apresentaram uma dieta composta basicamente por frutos de espécies exóticas, utilizaram o estrato mediano da floresta (4-9 m) e locomoção e forrageio foram os comportamentos mais frequentes. Não foi possível verificar uma resposta acerca da eficiência da vocalização de cada espécie em seu determinado habitat natural, todavia verificou-se que na Amazônia os parâmetros acústicos de todas as espécies foram melhor preservados. Portanto, sob o aspecto comportamental e ecológico, identificamos que o macaco-de-cheiro tem ajustado seu padrão de atividade, dieta e uso do habitat em uma área fora de sua distribuição geográfica natural em virtude de uma possível redução da disponibilidade de recursos e aumento da disponibilidade de recursos exóticos. Sobre os aspectos vocais, os resultados não indicaram que o macaco-de-cheiro necessariamente apresentam maior eficiência de comunicação em seu bioma de distribuição natural.

Palavras-chave: Espécie exótica. Primatas. Comportamento. Bioacústica. Impacto. Conservação.

ABSTRACT

The Amazonian squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) are extremely able to inhabit several environments due to their behavioral plasticity. Although they had been introduced in the Atlantic Forest in the 1980s, few are studies that aimed to verify whether this species is adapted for this biome and theirs impacts. Thus, this study aimed to elucidate behavioral and ecological aspects of the squirrel monkeys in an urban fragment of Atlantic Forest, was well as to compare the propagation efficiency of their vocalization with three species primates from Northeastern Brazil (*Callithrix jacchus*, *Sapajus flavius*, *S. libidinosus*) in three biomes. The diet of squirrel monkeys was composed basically of fruits of exotic plant species, used the median stratum of the forest (4-9 m) and, locomotion and foraging were the behavioral activities more frequently recordeds. It was not possible to verify any response with relation to vocalization efficiency from each primate species in their natural habitat; therefore, we verified that the acoustic parameters of every species were better preserved in the Amazonian forest. Therefore, under the behavioral and ecological aspect, we identified that squirrel monkeys have adjusted its activity, diet and ranging behavior pattern in a non-natural habitat due to a possible reduction of the availability of resources and increase of availability of exotic plant resources. Regarding the vocal aspects, the results did not indicate that the squirrel monkeys present a better communication efficiency in their natural distribution biome.

Keywords: Exotic species. Primates. Behavior. Bioacoustic. Impact. Conservation.

LISTA DE FIGURAS

Referencia Teórico

Figura 1. Macaco-de-cheiro (<i>Saimiri sciureus</i>) adulto macho vivendo no Refúgio de Vida Silvestre, Mata do Curato, Recife, Pernambuco, Brasil. Foto: Campêlo.....	19
--	----

2.1 Capítulo 1

Figure 1: Study urban Atlantic Forest fragment located at the <i>Refúgio de Vida Silvestre, Mata do Curado</i> , Recife, Pernambuco, Brazil. Red line marks the extension of the fragment used by the study squirrel monkeys.....	33
Figure 2: Rainfall patterns for the city of Recife (Várzea Metrological Station). Source: APAC (2017).....	46
Figure 3: Total monthly distance traveled and average of the daily path traveled (km) of the studied squirrel monkeys at Mata do Curado Wildlife Reserve over the study period.	53
Figure 4: Relative frequency of use of the vertical strata by the studied squirrel monkeys throughout the study period (general), and in the dry and rainy seasons (Ngeneral = 9773, NDry season= 5039, NRainy season= 4734).	54

Capítulo 2

Figura 1: Frequência de máxima energia (FME) da vocalização de longa distância (ip) do macaco-de-cheiro.....	64
Figura 2: Oscilograma e espectrograma analisado para obter a duração da sílaba (SD), a frequência mais alta (HF), frequência mais baixa (LF) e a amplitude da frequência (FR) da vocalização de longa distância (ip) do macaco-de-cheiro.	64
Figura 3: Degradação das vocalizações do macaco-prego-galego (lc), sagui-de-tufo-branco (phee), macaco-de-cheiro (ip) e macaco-prego-da-caatinga (huh) com base nos parâmetros acústicos seguintes: FME (Frequência de máxima energia), HF (frequência mais alta) e LF (frequência mais baixa) nos biomas Mata Atlântica, Caatinga e Amazônia.	71

Figura 4: Degradação das vocalizações do macaco-prego-galego (lc), sagui-de-tufo-branco (phee), macaco-de-cheiro (ip) e macaco-prego-da-caatinga (huh) com base nos parâmetros acústicos seguintes: FR (amplitude), SD (duração da sílaba) e dB (decibéis) nos biomas Mata Atlântica, Caatinga e Amazônia.....	72
Figura 5: Espectrogramas ilustrando a perda dos parâmetros acústicos de parte da vocalização do macaco-prego-galego (vocalização lost call) entre as distâncias de regravação 2 m e 32 m nos biomas Mata Atlântica (MA), Caatinga (CA) e Amazônia (AM).	73
Figura 6: Espectrogramas ilustrando a perda dos parâmetros acústicos da vocalização do macaco-prego (Vocalização huh) entre as distâncias de regravação 2 m e 32 m nos biomas Mata Atlântica (MA), Caatinga (CA) e Amazônia (AM).	74
Figura 7: Espectrogramas ilustrando a perda dos parâmetros acústicos da vocalização do macaco-de-cheiro (vocalização ip) entre as distâncias de regravação 2 m e 16 m nos biomas Mata Atlântica (MA), Caatinga (CA) e Amazônia (AM).	75
Figura 8: Espectrogramas ilustrando a perda dos parâmetros acústicos da vocalização do sagui-de-tufo-branco (vocalização phee) entre as distâncias de regravação 2 m e 16 m nos biomas Mata Atlântica (MA), Caatinga (CA) e Amazônia (AM).	76

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Table 1: Plant items in the studied squirrel monkey diet. List ordered by diet item comsumption frequency.	50
Table 2: Binomial z values for the comparisons of proportion of diet items consumed by the studied squirrel monkeys in both dry and rainy seasons. *Not included in the statistical tests due to small consumption frequency of the item.....	51
Table 3: Binomial z values for the seasonal comparison of the proportion of time spent on each behavioral category by studied squirrel monkeys at Curado Wildlife Reserve, Pernambuco State, Brazil.	52

Capítulo 2

Tabela 1: Porcentagem geral de perda dos parâmetros acústicos das vocalizações das quatro espécies nos três biomas considerados no presente estudo. FME (Frequência de máxima energia), HF (Frequência mais alta), LF (Frequência mais baixa), FR (Amplitude de frequência), SD (duração de sílaba).	66
Tabela 2: Comparações entre parâmetros acústicos das vocalizações regravadas a 2 e 16 m de distância na Mata Atlântica. Código da espécie: 1= <i>Sapajus flavius</i> ; 2= <i>Callithrix jacchus</i> ; 3= <i>Saimiri sciureus</i> ; 4= <i>Sapajus libidinosus</i> . DP= desvio padrão. Teste de Wilcoxon.....	68
Tabela 3: Comparações entre parâmetros acústicos das vocalizações regravadas a 2 e 16 m de distância na Caatinga. Código da espécie: 1= <i>Sapajus flavius</i> ; 2= <i>Callithrix jacchus</i> ; 3= <i>Saimiri sciureus</i> ; 4= <i>Sapajus libidinosus</i> . DP = Desvio padrão. Teste de Wilcoxon.	69
Tabela 4: Comparações entre parâmetros acústicos das vocalizações regravadas a 2 e 16 m de distância na Amazônia. Código da espécie: 1= <i>Sapajus flavius</i> ; 2= <i>Callithrix jacchus</i> ; 3= <i>Saimiri sciureus</i> ; 4= <i>Sapajus libidinosus</i> . DP = Desvio padrão. Teste de Wilcoxon.	70
Tabela 5: Teste de Friedman comparando as porcentagens de perda dos parâmetros acústicos das vocalizações das quatro espécies considerada no presente estudo. N = 10, gl= 2.	77
Tabela 6: Teste de Kruskal-Wallis comparando as porcentagens de perda dos parâmetros acústicos entre as quatro espécies consideradas no presente estudo, em cada bioma. N = 40, gl = 3.	78

SUMÁRIO

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
1.1 ESPÉCIE ALVO DA PRESENTE DISSERTAÇÃO: <i>SAIMIRI SCIUREUS</i>	19
1.2 ESPÉCIES EXÓTICAS	22
1.3 AMAZÔNIA, MATA ATLÂNTICA E CAATINGA	23
1.4 COMUNICAÇÃO ANIMAL	25
1.5 BIOACÚSTICA	27
1.6 PROPAGAÇÃO DE VOCALIZAÇÕES	28
2 HOME SWEET HOME? BEHAVIORAL AND DIETARY PATTERNS IN AMAZONIAN <i>SAIMIRI SCIUREUS</i> INHABITING AN ATLANTIC FOREST FRAGMENT.....	30
3 VOCÊ PODE OUVIR? DIFERENÇAS NA PROPAGAÇÃO DE VOCALIZAÇÕES DE PRIMATAS EM TRÊS BIOMAS BRASILEIROS.....	57
4 CONCLUSÃO.....	92
REFERÊNCIAS	85

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 ESPÉCIE ALVO DA PRESENTE DISSERTAÇÃO: SAIMIRI SCIUREUS

Os “macacos-de-cheiro” ou “macacos-mãos-de-ouro” (Figura 1, Hershkovitz 1984; Groves, 2005; Mendes-Pontes et al. 2007; Camarotti 2015), como são conhecidos os primatas do gênero *Saimiri* (Voigt 1831) da família Cebidae, são de pequeno porte, onde as fêmeas alcançam no máximo 750 gramas e os machos ultrapassam minimamente um quilo (Schuler e Abe 2005). Embora exista diferença no tamanho corporal, esta característica não é considerada como um dimorfismo sexual do gênero (Baldwin e Baldwin 1981; Ingberman et al. 2008; Stone 2014). Esta característica dimórfica é atribuída à melanização mais saturada na região pré-auricular das fêmeas durante a fase adulta (Hershkovitz 1984; Goldschmidt et al. 2009). Eles podem chegar a medir aproximadamente 40 centímetros sem a cauda e, com esta, pode chegar a medir o dobro do seu tamanho (cabeça-tronco) (Rowe 1996). Este gênero é constituído por cinco espécies (Groves, 2005): *Saimiri boliviensis*, *Saimiri oerstedii*, *Saimiri sciureus*, *Saimiri ustus* e *Saimiri vanzolinii* que estão classificadas na categoria de ameaça da IUCN (2014) como pouco preocupante (LC), vulnerável (VU), pouco preocupante (LC), quase ameaçada (NT) e vulnerável (VU), respectivamente.

Figura 1. Macaco-de-cheiro (*Saimiri sciureus*) adulto macho vivendo no Refúgio de Vida Silvestre, Mata do Curato, Recife, Pernambuco, Brasil.



. Foto: O autor (2017).

As espécies do gênero *Saimiri* são consideradas por Baldwin (1985) como onívoras, podendo a dieta ser predominantemente composta por insetos (Janson e Boinski 1992; Stone 2007; Zimbler-DeLorenzo e Stone 2011), frutas (Pinheiro et al. 2013), ou a combinação equiparada desses dois intens (Lima e Ferrari 2003). Estes animais iniciam suas atividades a procura de alimentos um pouco antes do nascer do sol, diminuem o ritmo de suas atividades nas horas mais quentes do dia e as encerram logo após o por do sol (Baldwin 1985). Formam grandes grupos sociais de até 100 indivíduos, embora exista registro de mais de 500 indivíduos em grandes fragmentos, e de 10 a 35 indivíduos em fragmentos menores (130ha) (Baldwin e Baldwin 1981, Boinski 1999). Os macacos-de-cheiro também possuem um padrão de comportamento social comum entre alguns primatas neotropicais, denominado de fissão-fusão (Symington 1990, Paim 2008), onde o grande grupo costuma se dividir durante o dia em pequenos subgrupos de dois a oito indivíduos (Baldwin 1987) com o intuito de otimizar a busca e minimizar a competição por recursos alimentares (Chapman 1990). Ao anoitecer, os macacos-de-cheiro se reúnem em um grande grupo e dividem o mesmo espaço no local de pernoite, sugerindo que esses grupos sociais são estáveis, porém flexíveis (Baldwin 1987). O período reprodutivo ocorre de maneira sincronizada e apenas uma vez por ano (Baldwin 1987), geralmente com o acasalamento e gestação ocorrendo durante a estação seca e o nascimento e lactação dos filhotes, no período chuvoso (Stone 2006, 2007). A composição do grupo é mista, com padrão de dominância com multimachos e multifêmeas, embora as fêmeas desempenhem um papel mais decisivo na definição da dinâmica grupal, estando os machos, juvenis e filhotes sujeitos às suas condições fisiológicas e comportamentais (Baldwin 1987). Boinski e Mitchell (1992) demonstrou que aspectos sociais (aliança e separação sociais) podem interferir, por exemplo, nas taxas de emissões de vocalizações de fêmeas de macaco-de-cheiro.

A comunicação dos macacos-de-cheiro é amplamente estudada sob os aspectos vocal e olfatório. Wiener et al. (1990) realizou testes em cativeiro com o *Saimiri sciureus* (macaco-de-cheiro) e constatou diferença fisiológica (níveis hormonais) de acordo com a quantidade de vocalizações emitidas por filhotes mediante a separação da mãe. Winter et al. (1966) e Schott (1975), também em cativeiro, encontraram 26 e 52 tipos de vocalizações, respectivamente, que foram divididas em seis grupos de acordo com suas características físicas. Newman (1985) e Paim e Queiroz (2009) encontraram até 27 tipos de vocalizações *Saimiri spp.* de vida livre na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, no Amazonas. Alguns estudos a respeito da comunicação química entre os macacos-de-cheiro

revelam um desempenho olfativo confiável para a regulagem de uma diversidade de comportamentos (Laska e Hudson 1993 a,b), como, por exemplo, para discriminar a urina de indivíduos da mesma espécie e de uma espécie diferente, de maneira individual e por sexo (Laska e Hudson 1995), a capacidade de memorização de odores (Laska et al. 1996). É comumente observado nestes primatas o comportamento denominado de ‘*urine washing*’. Hennessy et al. (1978) afirma que esta prática está relacionada a marcação de cheiro, a um comportamento estereotipado e a manutenção da integridade do grupo, sem estar relacionado necessariamente com o período reprodutivo. Há também indícios de que esse comportamento estaria relacionado à termorregulação dos macacos-de-cheiro, onde a frequência de uso do comportamento seria positivamente correlacionada com a temperatura e inversamente correlacionada com a umidade relativa do ambiente (Schmidt e Seitz 1967, Schwartz e Rosenblum 1980). Os macacos-de-cheiro são considerados arborícolas de estratos médio e baixo, utilizando ocasionalmente o chão e o mais alto dossel das árvores (De Thoisy et al. 2002; Redmond e Goodall 2008; Camarotti 2015). Nessas condições é possível encontrá-los naturalmente na Colômbia, Bolívia, Peru, Equador, Guianas, Suriname, Venezuela e no Brasil (bacia amazônica) (América do Sul), além de populações disjuntas no Panamá e Costa Rica (América Central) (Boinski 1999; Jack 2007; Rowe 1996; Redmond e Goodall 2008; Rylands e Mittermeier, 2013). Possuem nichos adequados à sua biologia em florestas inundáveis (várzeas e igapós), de terra firme, úmidas e secas, pântanos, matas de galeria, primária e secundárias, em manguezais, tanto preservados como sob intensa influência antrópica (Redmond e Goodall 2008; Rowe 1996). Esta plasticidade ambiental possibilitou que o macaco-de-cheiro colonizasse com sucesso áreas que naturalmente não fazem parte de sua distribuição geográfica, como o Centro de Endemismo Pernambuco (CEPE)- (Neto e Tabarelli 2002) na Reserva Biológica de Saltinho (Tamandaré)- (Mendes-Pontes et al. 2007) e na Reserva de Vida Silvestre Mata do Curado (Recife)- (PANPriNE, 2013).

Estes primatas foram introduzidos em diversas áreas fora de sua distribuição natural, havendo atualmente registros destes primatas em fragmentos de Mata Atlântica de três estados Brasileiros: Bahia (Anderson Abbehusen, *com. pess.*), Pernambuco, e Rio de Janeiro (Rocha et al. 2004; Mendes-Pontes et al. 2007; Oliveira e Grelle 2012; PANPriNE 2013; Camarotti et al. 2015), e também no estado da Flórida, nos Estados Unidos da América (Anderson et al. 2017). Em 2011 a espécie foi classificada como invasora de baixo risco, visto que foi encontrada em menos de três estados do Nordeste brasileiro, ou tinha menos de 10 registros nessas áreas (Leão et al. 2011). Apesar da classificação, ainda há necessidade de

pesquisas que se empenhem em investigar a realidade do potencial invasivo desta espécie no estado de Pernambuco. Na década de 80 o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), atual Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), introduziu cerca de 30 indivíduos de macaco-de-cheiro na Mata Atlântica delimitada pela Reserva Biológica de Saltinho, em Tamandaré – Pernambuco, a 80Km de Recife (Mendes-Pontes 2007; Camarotti et al. 2015).

Em 2013, o Plano de Ação Nacional para a Conservação de Primatas do Nordeste (PANPriNE 2013) indicou um aumento na população dos macaco-de-cheiro quando detectou a presença de outra população da espécie em um fragmento florestal que abrange o Comando Militar do Nordeste e o Instituto Ricardo Brennand, no bairro do Curado (Região Metropolitana do Recife). Isto poderia indicar que a Mata Atlântica seria um bioma favorável ao estabelecimento dos *Saimiri* sp (Leão et al. 2011). Além da soltura ilegal de animais em áreas não apropriadas, a ausência de um predador natural para os macacos-de-cheiro, pode ter contribuído para o aumento populacional e a colonização eficiente do espaço (Primack e Rodrigues 2001).

1.2 ESPÉCIES EXÓTICAS

As invasões biológicas envolvem uma diversidade de aspectos evolutivos, visto que estão associadas a eventos estocásticos onde determinada população exótica sobrevive a mudanças no habitat enquanto houver recurso disponível (Lee 2002). Dessa maneira, mecanismos como a seleção natural, a deriva e o fluxo de genes, o efeito de pequenas populações e a hibridação são fatores cruciais para determinar se uma espécie é capaz de tolerar um novo ambiente adaptando o seu comportamento (Lee 2002, Allendorf e Lundquist, 2003). O que determina a velocidade e a forma com que uma espécie se adapta a um novo tipo de habitat é a sua plasticidade fenotípica (Sakai et al. 2001). A mudança no habitat ocupado pode resultar em mudanças na ecologia e organização social das espécies, especialmente em táxons comportamentalmente flexíveis, como primatas (Blomquist et al. 2009). Estudos desses fatores ecológicos, comportamentais e genéticos geram a possibilidade de identificar quais espécies introduzidas são mais suscetíveis a se tornarem invasivas (Allendorf e Lundquist 2003).

A mobilidade conferida aos grupos de vertebrados permite, desde tempos remotos, a expansão dos territórios utilizados para sua sobrevivência (Brand 2005; Pough et al. 2008).

Desde o final da era Cenozoica, mamíferos e aves começaram a se deslocar em função das condições climatológicas e geográficas pelas quais o planeta terra passou (Pough 2008). Essa movimentação ainda determina o equilíbrio, existência e distribuição das espécies viventes. Nos últimos séculos, porém, os seres humanos tem sido uma das causas principais da movimentação das espécies por todo o planeta (Brand 2005).

Nesse sentido, a introdução das espécies pode ocorrer de maneira natural, acidental, desconhecida e, a fim de atender demandas sociais, econômicas e ambientais, de maneira proposital (correspondendo a aproximadamente 70% dos casos) (Coradin 2006, Leão et al. 2011). Porém, os argumentos utilizados para tais ações não levam em consideração os riscos envolvidos na introdução em relação aos valores culturais, econômicos e ambientais já estabelecidos em determinado local (Brand 2015). Para as espécies encontradas nessas condições, dar-se o nome de ‘exótica’ (Glowka et al. 1994). Uma vez introduzidas e essas espécies gerem descendentes férteis, com probabilidade de sobrevivência e auto-sustentação, elas são consideradas estabelecidas; e, a partir do momento em que a presença destas espécies ameaça a biodiversidade fora do seu território de origem, ela passa a ser chamada de ‘espécie exótica invasora’ (Glowka et al. 1994; Vermeij 1996). E este tem sido um dos grandes motivos de ameaça à biodiversidade, sendo considerada a segunda maior causa de extinção de espécies no planeta (Lowe 2004; Coradin 2006). Além disso, as espécies exóticas invasoras têm causado danos gravíssimos na economia mundial e na saúde e, por essa razão, os países têm destinado bilhões de reais para recuperar prejuízos nestes setores (Brand 2005).

Segundo o banco de dados nacional de espécies invasoras, o Brasil já registrou 444 casos das espécies em discussão (Instituto Hórus 2017). Por essa razão, vem sendo desenvolvido no país, leis e ações que possam alertar, prevenir, controlar e/ou erradicar as espécies exóticas no território nacional. Tem-se como exemplo dessas leis e ações, a Convenção Internacional sobre a Diversidade Biológica (Glowka et al. 1994), o Programa Global de Espécies Invasoras (Brand 2005), o Informe Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras (Coradin 2006), a lei de Crimes Ambientais (art. 61 da Lei Federal nº 9.605/98) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC - Lei Federal nº 9.985/00).

1.3 AMAZÔNIA, MATA ATLÂNTICA E CAATINGA

A Amazônia é considerada a maior floresta tropical do mundo em tamanho e riqueza de espécies, ocupando uma área de aproximadamente 7.000.000 km², dos quais

aproximadamente 400.000.000 de hectares está dentro do território brasileiro (Fonseca et al 1999). Existem cerca de 30.000 espécies vegetais e mais de 2000 espécies de vertebrados, sem levar em consideração as espécies de peixes (MMA 2017). Junto com a Mata Atlântica, a Amazônia confere ao Brasil a denominação de país megadiverso, devido a diversidade das espécies e a alta taxa de endemismo (Wilson et al. 1988).

O bioma amazônico possui um clima quente e úmido, com um índice de precipitação consideravelmente alto (2.300 mm/ano) (Ferreira 2000). Este ciclo hidrológico contribui para a alimentação do rio Amazonas, que possui o maior volume de água do mundo (Sioli 1984). Embora as estações seca e chuvosa sejam bem definidas, a distribuição das chuvas acontece de forma heterogênea, e assim o ciclo de enchentes e secas se apresenta em tempos específicos de acordo com as diferentes regiões (Campbell et al. 1992, Ferreira 2000). Esta diferença no regime hidrológico confere a região amazônica uma característica peculiar na formação dos habitats, gerando lagos, florestas inundáveis, depressões pantanosas e córregos (Campbell et al. 1992). Entre os diferentes tipos de floresta inundável, a floresta de várzea e a de igapó são as mais representativas na Amazônia central (Prance 1979). A floresta de várzea é caracterizada por ser inundada anualmente pelos rios de águas claras, com árvores de grande porte e lianas, e com uma baixa densidade de artrópodes se comparado com as florestas de igapó. Estas, por sua vez, são inundadas sazonalmente por rios de águas escuras, possuem uma diversidade de espécies inferior ao igapó, com árvores mais baixas e com adaptações xeromórficas ao igapó, e um solo arenoso. As terras firmes são caracterizadas por terem um alto índice de biomassa, com sub-bosque evidente e onde fatores como excesso ou escassez de água não são limitantes (Pires e Prance 1985).

A Mata Atlântica por sua vez, está associada a outros ecossistemas florestais como a floresta ombrófila densa, mista, estacional semidecidual, decidual, campos de altitude, campo rupestre, brejo nordestino, restinga, mangue e floresta de tabuleiro (Guedes et al. 2005). Cada uma apresenta uma característica peculiar de vegetação, altitude, origem, precipitação e temperatura. No entanto, é possível identificar similaridades com as áreas alagadiças da Amazônia e o mangue, assim como a vegetação de tabuleiro, que é procedente de uma formação geológica comum aos dois biomas, mas que foram nomeadas de maneira distintas (Morais et al. 2006). Na Mata Atlântica essa formação é denominada de ‘Barreiras’ (Rizzini 1963).

Alguns estudos demonstram não só a existência de distribuição disjunta de algumas espécies vegetais e animais da Amazônia e Mata Atlântica (Lima 1998), sugerindo que

outrora esses biomas foram conectados, como também a influência destes na formação do Cerrado através das matas ciliares e da floresta estacional (Rizzini 1963; Oliveira Filho e Fontes 2000). Um exemplo disto, é a distribuição geográfica de *Alouatta belzebul belzebul* (guariba-de-mãos-ruivas), que ocorre no baixo Amazonas e no Nordeste do Brasil, acima do Rio São Francisco (Bonvincino 1989, Gregorin 2006). Para compreender a diversidade biológica em ambos os ambientes, é necessário considerar fatores históricos e ecológicos, como os eventos de especiação e a formação de barreiras geográficas causados por mudanças ambientais.

Entre o limite desses dois biomas encontra-se uma região caracterizada pelo baixo e irregular índice de precipitação pluviométrica e pela presença de uma vegetação caducifólia, o bioma Caatinga ('mata branca', no Tupi). Este bioma pode ter porte arbóreo ou arbustivo dependendo da região, e apresenta modificações foliares das plantas adaptadas ao clima relativamente quente e seco (Prado 2003, Ramalho et al. 2009). O bioma Caatinga ('mata branca', no Tupi) estende-se por cerca de 735.000 km², abrangendo nove estados brasileiros e possui um grande número de espécies endêmicas (Leal et al. 2003). Porém, ela vem sendo amplamente destruída devido a utilização da terra destinada a pastagem de caprinos e bovinos, da extração da madeira para a indústria madeireira, para produção de lenha e também a caça de animais (Leal et al. 2005). A Caatinga representa atualmente um ambiente único para estudo de adaptação de plantas, vertebrados e invertebrados, devido as condições intensas das variáveis ambientais as quais são submetidos (Leal et al. 2005). A porção mais úmida (brejos de altitude) distribui-se por serras com mais de 500 metros de altitude que são considerados como refúgio florestal, visto que acumulam características fitofisionômicas tanto da floresta Amazônica quanto da Mata Atlântica (Prado 2003, Pennington et al. 2004).

1.4 COMUNICAÇÃO ANIMAL

A comunicação é o processo de transmissão de sinais entre dois ou mais indivíduos da mesma ou de diferentes espécies (Truax 1984, Seyfarth 1984). Cada espécie possui um sistema de comunicação que atenda tanto as suas necessidades biológicas para troca de informações, quanto às exigências impostas pelo meio para que a mensagem seja propagada aos indivíduos de sua ou de outra espécie (Bradbury e Vehrencamp 1998, Vielliard 2004, Palermo-Neto 2010). O mecanismo de comunicação envolve sinais físicos (como imagem, som, contato físico e odor) e a presença de indivíduos emissores e receptores de sinais

(Bradbury e Vehrencamp 1998, Shettleworth 1998, Bezerra et al. 2009a). Trata-se de um processo que tem como objetivo influenciar ativa ou passivamente o comportamento de outro indivíduo ou de um grupo (Shettleworth 1998). As estratégias comunicativas exigem gasto de energia e seleção adaptativa para que os animais possam enviar suas mensagens, alcançar o objetivo e permanecer imperceptíveis a seus predadores (Seyfarth 1984, Range e Fischer 2004) . Dessa forma, a comunicação pode ser uma das maneiras de investigar a adaptação dos animais ao seu habitat (Sorjonen 1986, Penna e Moreno-Gómez 2015).

A comunicação sonora, por sua vez, está presente em diversos grupos no reino animal, desde insetos até grandes vertebrados (i.e. peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos) – (Bradbury e Vehrencamp 1998, Vielliard 2004). Em suas particularidades grupais, os indivíduos desenvolveram aparatos anatômicos que auxiliam a emissão e recepção de sinais (Naguib e Wiley 2001, Bastos 2014). Estes sinais acústicos precisam ser rigorosamente definidos à fim de garantir o reconhecimento entre todos os indivíduos de um grupo (Rendal et al. 1996, Wich et al. 2003, Delgado 2006, Bezerra et al. 2010). As vocalizações podem ser determinadas geneticamente, como as relacionadas a situações estereotipadas, e podem ser desenvolvidas através de aprendizagem (Mccowan e Newman 2000, Corewyn 2003). A primeira pode sofrer variações entre grupos diferentes, enquanto a segunda permite uma variação entre indivíduos do mesmo grupo sem graves consequências, desde que mantenham a estrutura de reconhecimento (Bradbury e Vehrencamp 1998, Egnor e Hauser 2004). De maneira geral, animais separados geograficamente, por exemplo, podem formar dialetos específicos de acordo com as condições impostas pelo meio e isto pode indicar a existência de pressões seletivas evolutivas para o reconhecimento intra e interespecífico (Winter 1969, Green 1975, Corewyn 2003).

Em estudos com primatas, os pesquisadores utilizam com mais regularidade as vocalizações dos animais para estudos de comunicação (Bezerra et al. 2009a), uma vez que a identificação por sinais visuais no meio da floresta densa torna-se limitada (Paim e Queiroz 2009; Schuler e Abbe 2005). Através das vocalizações é possível identificar a diversidade social, a relação de dominância e submissão, períodos reprodutivos, afetividade, sinais de perigo e aprendizagem, por exemplo (Bezerra et al. 2009a, Sabatini e Ruiz-Miranda 2008, Bolt e Tennenhouse, 2017). Para isso, é importante que haja o reconhecimento individual dos membros dos grupos (Mitra Setia e van Schaik 2007, Lameira e Wich 2008). Há evidências que mostram que as características acústicas das vocalizações de curta e longa distância são capazes de discriminar indivíduos em muitas espécies de primatas (Fischer 2004)

As habilidades da vocalização das espécies se concentram na otimização da comunicação de longa distância (Saunders e Slotow 2004, Peters e Peters 2010). Ela pode ser propagada até chegar ao seu receptor, carregando algumas informações necessárias, sem ser completamente degradada, mesmo que o emissor não esteja em circunstância de contato visual com o alvo da comunicação (Altmann 1974, Prescott 2006, Bezerra et al. 2012). O sucesso deste tipo de comunicação depende da estrutura da vocalização, do meio de propagação (vegetação, altura em relação ao solo e distância do dossel, condições meteorológicas), do comportamento da espécie (percepção auditiva e repetições de chamada), bem como das propriedades de propagação dom som (Bradbury e Vehrencamp 1998, Maciej et al. 2011). Logo, a degradação do som pode apontar, por exemplo, justificativas para a evolução da comunicação animal (Bradbury e Vehrencamp 1998).

1.5 BIOACÚSTICA

A bioacústica é uma disciplina multidisciplinar que envolve etologia, fisiologia, biofísica e ecologia e tem como objetivo averiguar a produção e recepção de sons realizadas pelos indivíduos para comunicação (Bradbury e Vehrencamp 1998). Ela funciona através de análises espectográficas das vocalizações emitidas por animais que indicam características distintivas de suas estruturas acústicas (Maciej et al. 2011, Bezerra et al 2012). O estudo da comunicação acústica ganhou mais popularidade dentre as demais formas de comunicação devido a facilidade de análise, quantificação e interpretação quando comparado com os sinais olfativos e visuais, por exemplo (Bezerra et al. 2009a).

As primeiras experiências utilizando a bioacústica como ferramenta para o estudo de primatas foram realizadas por Garner em 1890, utilizando um fonógrafo e em cativeiro (Radick 2005, Bezerra et al. 2009a). A partir deste trabalho, outros foram publicados trazendo à luz informações sobre questões taxonômicas, filogenéticas, sexo-etárias, sociais, comportamentais e ambientais que influenciam a estrutura e utilização das vocalizações (Inoue 1988, Hauser 1993, Bezerra 2006, Sabatini e Ruiz-Miranda 2008, 2010, Bezerra et al. 2009b, Paim 2009, Bastos et al. 2015).

É necessário, no entanto, ter cautela no preparo e execução dos experimentos voltados para bioacústica. A escolha de equipamentos e das técnicas utilizadas devem ser específicas para espécie objeto de estudo, bem como para as condições do meio ambiente e os objetivos propostos (Truax 1984, Bezerra et al. 2009a). Um dos problemas metodológicos que mais

afetam a credibilidade de pesquisas desse cunho é a pseudoreplicação, que consiste no uso inferencial da estatística para observar os efeitos dos tratamentos sobre os dados obtidos, sem que esses possam ser replicados ou estatisticamente independentes (Hurlbert 1984, McGregor 2000, Kroodsma et al. 2001, Wiley 2003). É preciso assegurar, por exemplo, que as vocalizações utilizadas em *playbacks* tenha uma amostra considerável de animais distintos e identificados, quando possível (McGregor 2000, Kroodsma et al. 2001, Wiley 2003).

O desenvolvimento tecnológico tem facilitado a obtenção de equipamentos modernos, específicos, apropriados e acessíveis para execução de experimentos com primatas cativos e em vida livre (Bezerra et al. 2009a, Blumstein et al. 2001). A possibilidade de entender os comportamentos, bem-estar, taxonomia e sobre a evolução da linguagem em primatas não-humanos, inclusive ameaçados e crípticos (por não ser invasivo), tem feito da bioacústica uma ferramenta em ascenção para a conservação de diversas espécies (Bezerra et al. 2010, Sabatini e Ruiz-Miranda 2008, 2010, Sobroza et al., 2017).

1.6 PROPAGAÇÃO DE VOCALIZAÇÕES

O som é um tipo de onda mecânica que transporta energia entre dois pontos (emissor e receptor) através de meios elásticos (Truax 1984). A onda sonora ainda pode ser caracterizada como longitudinal, uma vez que a direção da perturbação das moléculas (de ar ou de água) é a mesma da propagação da onda (Truax 1984, Bradbury e Vehrencamp 1998). Quando mais de duas ondas sonoras são sobrepostas em determinado ponto é gerado um tipo de interferência que pode ser classificada como construtiva (quando as amplitudes são somadas) ou destrutiva (quando as amplitudes são subtraídas) (Bradbury e Vehrencamp 1998). Em ambiente terrestre, as vocalizações são propagadas de maneira esférica e tridimensional, enquanto que no meio aquático a propagação assume um formato bidimensional e cilíndrico (Martin et al. 2017). Portanto, no meio aquático o som percorre maiores distâncias em menos tempo (Bradbury e Vehrencamp 1998).

A propagação do sinal acústico sofre interferência direta de diversos fatores bióticos e abióticos. A densidade da vegetação, a distância do dossel e a altura em relação ao solo do qual o som é propagado, bem como a velocidade do vento, temperatura, umidade e a hora do dia podem influenciar a propagação do som (Waser e Waser 1977, de la Torre e Snowdon 2002; Brumm e Slabbekoorn 2005; Sabatini e Ruiz-Miranda 2010). A frequência do sinal e o nível dos ruídos do ambiente (bióticos e abióticos) também vão determinar o nível de

atenuação, das flutuações de amplitude e da reverberação do som desde sua origem até seu receptor (Waser e Waser 1977, Brumm e Slabbekoorn 2005). Logo, as vocalizações de muitas espécies foram selecionadas evolutivamente afim de mitigar o impacto desses fatores sobre a comunicação vocal (Lameira e Wich 2008). Esse tipo de seleção tende a otimizar principalmente as vocalizações de longa distância (Morton 1975; Martin et al. 2017).

O distanciamento progressivo entre o objeto emissor e receptor da vocalização implica na distorção do som e, consequentemente, a redução da possível capacidade de reconhecimento individual (Waser e Waser 1977, Mitani 1985, Mitra Setia e van Schaik 2007). Em campo aberto, as frequências e o comprimento de onda são menos suscetíveis a sofrer algum tipo de扰urbo. No entanto, uma vez difundido, o som atinge um limite, começa a ser refletido e propagado em direções distintas, dificultando a determinação dos picos de pressão, velocidade de propagação e os comprimentos de onda originais do som (Bradbury e Vehrencamp 1998).

As vocalizações com frequências mais altas possuem curtos comprimentos de onda e se degradam mais rápido do que as de frequências mais baixas, com seus longos comprimentos de onda (Bradbury e Vehrencamp 1998). A lei do quadrado-inverso (Peterson e Gross 1967), mostra que a cada distância dobrada, são perdidos seis decibéis do som, por conta da divergência da propagação esférica. A hipótese da adaptação acústica, proposto por Morton (1975), sugere que a acústica do habitat exerce uma pressão seletiva que molda e favorece a estrutura física de vocalizações de longa distância, a evolução do sinal para maximizar o alcance da propagação e do número de receptores. Desta maneira, investigar a propagação das vocalizações de diferentes espécies de primatas de diferentes habitats podem trazer à luz mais informações sobre a evolução da comunicação destes animais (Bradbury & Vehrencamp, 1998)

No seu trabalho sobre a propagação da vocalização (tchó) de *Cacajao melanocephalus*, Bezerra et al. (2012) verificou que as características físicas sofreram algumas alterações a partir do aumento da distância de propagação. Até os 160 m de distância, eles observaram que a amplitude, a duração da chamada, o número de harmônicas e os decibéis diminuíram progressivamente, enquanto a baixa frequência aumentou. Lameira e Wich (2008) demonstraram que alguns parâmetros acústicos (duração, frequência de máxima energia, inicial e frequência mais alta) das chamadas de longa distância dos orangotangos não alteraram significativamente com o aumento da distância. Em um experimento para verificar a possível interferência da distância e da altura em que a vocalização de longa distância de

Leontopithecus rosalia (mico-leão-dourado) era propagada, Sabatini e Ruiz-Miranda (2008) notaram que houve diferença significativa para a perda de alguns parâmetros físicos em relação a distância, mas não em relação a altura em relação ao solo.

2 HOME SWEET HOME? BEHAVIORAL AND DIETARY PATTERNS IN AMAZONIAN *SAIMIRI SCIUREUS* INHABITING AN ATLANTIC FOREST FRAGMENT

2.1 INTRODUCTION

Problems associated with biological invasions embrace a variety of evolutionary aspects, since they are related to stochastic events where the exotic population must survive after abrupt changes in habitat until resources are available (Lee 2002). In such circumstances, mechanisms such as natural selection, drift and gene flow, the effect of small populations and hybridization are decisive factors in determining whether a species will tolerate a new environment and adapt their behavior (Lee 2002, Allendorf and Lundquist 2003). Phenotypic plasticity (adaptation to environmental stress) is a characteristic that is believed to facilitate immediate adaptation of a species to a new habitat type (Sakai et al. 2001). Consequently, a change in occupied habitat may result in changes in the ecology and social organization of species, especially in behaviorally flexible taxa such as primates (Blomquist et al. 2009). Studies of these ecological, behavioral and genetic factors may allow the identification of the conditions and locations where an introduced species is more likely to become invasive (Allendorf and Lundquist 2003).

A species is considered exotic when, accidentally or purposely, it is introduced into an area beyond its natural distribution (Glowka et al. 1994). If such a species can reproduce and generate fertile offspring that have a possibility of creating a successful, multi-generation, population, then the species is considered as an “established exotic”, and if such a population threatens native biodiversity, the species is considered as “exotic invasive” (Glowka et al. 1994, Vermeij 1996). Invasive alien species have caused damage in many parts of the world (Doherty et al. 2016). For instance, among primates, common marmosets (*Callithrix jacchus*) and black-pincelled marmoset (*Callithrix penicillata*), introduced into Atlantic Forest patches at the Rio de Janeiro, have threatened to compromise the conservation of two regional

endemic species, the IUCN Endangered golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*), and the IUCN Vulnerable, buffy-tufted marmoset (*Callithrix aurita*) (Ruiz-Miranda et al. 2006, De Morais Jr. et al. 2008). However, there are few studies clarifying the behavioral adaptations of exotic primates, their impacts and relations with local biodiversity.

The present study focuses on an Amazonian primate species introduced into an area of Atlantic Forest, the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*). The natural range of the genus includes Colombia, Bolivia, Peru, Ecuador, the Guianas, Suriname, Venezuela and Brazil (Amazon basin), with additional, disjunct, populations in Panama and Costa Rica (Central America) (Rowe 1996, Boinski 1999, Jack 2007, Redmond and Goodall 2008, Rylands and Mittermeier 2013). These primates have been introduced into several areas outside their natural distribution, and there are records of members of this genus in Atlantic Forest fragments in three Brazilian states: Bahia (Anderson Abbehusen, pers. comm.), Pernambuco and Rio de Janeiro (Rocha et al. 2004, Mendes-Pontes et al. 2007, Oliveira and Grelle 2012, PANPriNE 2013, Camarotti et al. 2015), as well as in the State of Florida in the United States of America (Anderson et al. 2017). All these occurrences are the results of illegal introductions by humans. In northeastern Brazil, squirrel monkeys would be considered a low risk invader due to the small number of States in which they are found (i.e., low risk = 3 states and occurrence at less than 10 locations - Leão et al. 2011). However, considered at a global scale, the invasive potential of this species needs to be reevaluated in view of their apparently broad behavioral plasticity.

Diurnal and extremely agile, members of the genus *Saimiri* are considered mid-stratum specialists, though they will occasionally use both the upper canopy and the ground (e.g. De Thoisy et al. 2002, Redmond and Goodall 2008). Their behavioral flexibility allows them to colonize a wide variety of habitats, including seasonally-flooded (várzeas and igapós), rainforest, seasonally dry tropical forest, marshes, gallery forests, mangroves, and all in both primary and secondary states and under little or intense anthropic influence (Redmond and Goodall 2008, Rowe 1996). This environmental plasticity may have made it possible for members of the genus to survive successfully in areas outside their natural geographic distribution, when introduced there. Additionally, in such areas, the absence of natural predators for members of this genus may also have contributed to population growth and efficient colonization of the space (Primack and Rodrigues 2001).

Understanding how squirrel monkeys may adapt outside its natural range so successfully may well help elucidate evolutionary aspects of migration and adaptation of

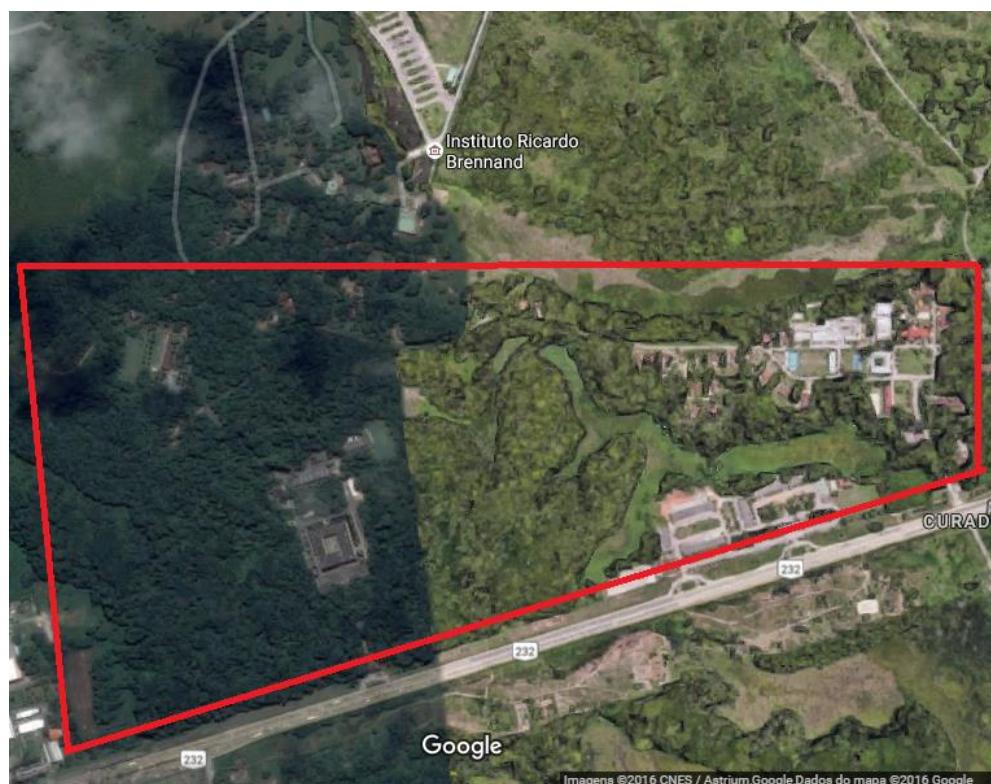
exotic species in general. Consequently, the main objective of the present study was to investigate whether Amazonian squirrel monkeys show any adjustments in behavioral patterns and diet when inhabiting an Atlantic forest fragment in northeastern Brazil. Specifically, we examined: i) diet composition; ii) activity budget; (iii) ranging behavior; iv) influence of seasonality on the activity budget, diet and ranging behavior; and v) the interactions between the exotic squirrel monkey population studied and the local fauna.

2.2 METHODS

2.2.1 Study area

Fieldwork was conducted at Mata do Curado Wildlife Refuge ($8^{\circ}04'50"S$, $34^{\circ}58'21"W$), located in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco, northeastern Brazil. The area is an urban fragment of Atlantic Forest (106 ha) with a notable level of anthropogenic, and belonging to the Brazilian Northeast Military Command headquarters (Figure 1). The public forest fragment was donated by the State Government of Pernambuco to the Northeast Military Command in 1979. The fragment is bordered by highway BR-232 to the south, active since 1933, and the Curado Industrial District to the west, operating in the area since the 1960s. The area is characterized by a high incidence of plant species from the Melastomataceae and Monimiaceae, with a tree density of 780 individuals/ha, a mean basal area of $24.7 \text{ m}^2/\text{ha}$, and low canopy height (11.2 m) (Lins-e-Silva and Rodal 2008).

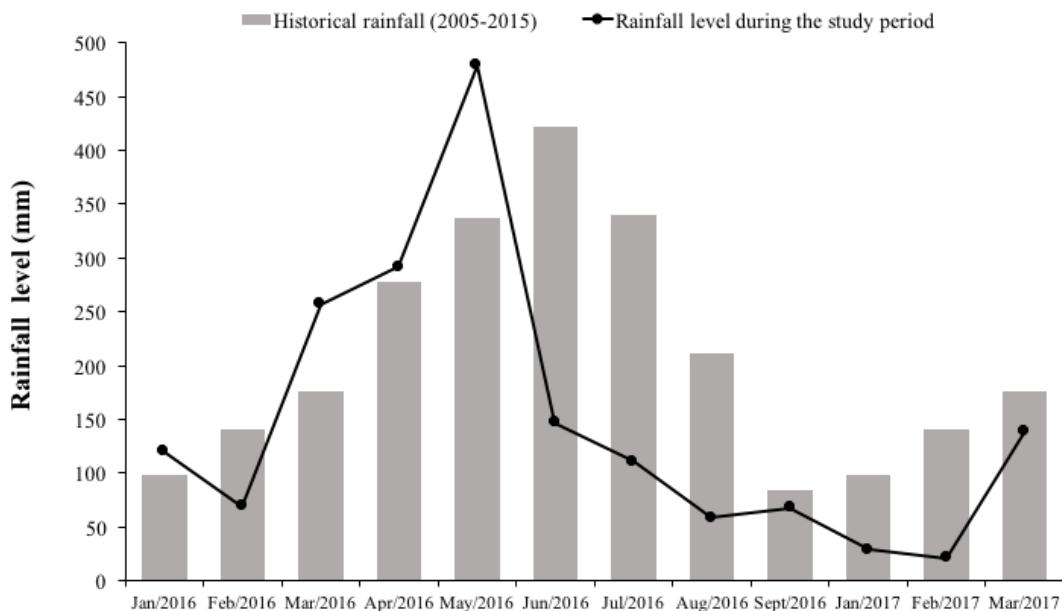
Fig. 1: Study urban Atlantic Forest fragment located at the *Refúgio de Vida Silvestre, Mata do Curado*, Recife, Pernambuco, Brazil. Red line marks the extension of the fragment used by the study squirrel monkeys.



Source: Google earth 2016 images

Köppen's climate classification of the area is *Am* (Alvares et al. 2013), with high humidity (ranging from 70% to 90%) and annual average temperature of 24.7°C (Silva et al. 2006). The historical average annual rainfall for the last 10 years (2005-2015) varied between 1,611 to 3,221 mm (APAC 2017). However, during the study period (December, 2016 to March, 2017) precipitation was atypical in those months which historical averages labeled, with December 2016, and January to March 2016/17 (95.7 ± 47.6 mm) as dry months, and April to August 2016 (317.6 ± 78.2 mm) as rainy months (Figure 2).

Fig. 2: Rainfall patterns for the city of Recife (Várzea Metrological Station).



Source: APAC (2017).

2.2.2 Characterization of the study population

A population of squirrel monkey potentially composed by five social groups (range= 25-139 individuals; Mean 59.6 ± 45.5 SE individuals) were investigated. While daily home range could overlap, we were able to differentiate groups based on their distinct sleeping sites. While the groups used different sleeping sites, the sleeping trees were, however, of the same species (*Elaeis guineenses*, Arecaceae). Individuals of the different groups in the population had occasional visual and physical contact because of home range overlapping, but without any apparent agonistic interaction. Total counts of the individuals in each group were performed when the animals passed across specific crossing points in the study site (i.e. isolated electrical wires and/or natural branch bridges in the canopy) during the animals' daily

movements. Sex-age classifications of the animals were based on body size (Stone 2005), the more saturated melanization of the pre-auricular region of females (Hershkovitz 1984), and presence of prominent testicle in adult males. The sex-age proportion of a study population of squirrel monkeys was obtained during scan sampling. For the study population, reproduction began in October and November (estrous period), December (birth season), and January to April (lactation period). Across the 12-month study period 66% of sightings ($N = 2460$) were of females and 34% ($N = 1266$) were of males for all age classes. For the total population, 36% of sightings ($N = 2285$) were adults, 36% juveniles ($N = 2262$) and 28% were infants ($N = 1787$). The study population appear to fission into smaller groups during the day. However, further investigations would still be necessary to evaluate whether the population considered here present a fusion-fission social system, where a large group of squirrel monkeys would divide into smaller subgroups to optimize foraging and reduce competition throughout the day. Thus, our data is treated here at a population level and not at a group/sub-group level.

2.2.3 Data collection

Animals were habituated between October to December 2015 using the intensive pursuit procedure (Setz 1991). The habituation process was considered complete when the subjects started to perform their behavioral activity normally in the presence of observer. Following habituation, the study population were monitored systematically for 12 months, from January to August of 2016 and from January to March of 2017. The monitoring of the studied squirrel monkey population took place continually from 05:00 until 17:00h. Quantitative behavioral and ecological data were obtained via instantaneous scan sampling (Altmann 1974), with 1 scan at 10-minutes intervals.

2.2.4 Diet

Food items were identified visually at the time of their ingestion and/or chewing, or *a posteriori*, via parts of items discarded by animals. When the item consumed was fruit, flower, seed, fungi or leaf, the food sources were marked with tape, numbered, and a sample collected for later identification. For ingested animal prey, identification was attempted to the lowest possible taxonomic level. Identified plants were deposited in the Geraldo Mariz Herbarium, Federal University of Pernambuco. Spatial distribution of exotic plant species was evaluated by the number of exotic plants in a 30 x 30 m grid in the home range of the studied

squirrel monkey population. We then calculated the “variance to mean ratio index (VMR index)” (Neumann and Starlinger 2001). An index value of 1 indicates randomly distributed exotic plant species, a value <1 indicates a uniform distribution and a value >1 indicates a clumped distribution (Neumann and Starlinger 2001).

2.2.5 Behavioral data sampling

To aid comparison, behavioral categories recorded in the studied squirrel monkey population were based on Stone (2007a): i) feeding (chewing and/or consumption of plant or animal material), ii) foraging (manipulation, visual or manual search for plant or animal material without consumption of the resource), iii) resting (period of inactivity without any feeding activity or social behavior), iv) moving (directed movement, not associated with foraging), and v) social interaction (aggressive and affiliative behaviors). A total of 297 hours of direct observation of the animals were achieved, with 1147 scans, and with mean of 12 records per scan (\pm SD 5.1).

2.2.6 Ranging behavior

To determine squirrel monkey home range size and average daily path length at the study site, at each scan, the central location of the group was georeferenced using a handheld 60 CSx Garmin[©] GPS, and these readings then downloaded to the ArcGIS 9.3 platform. We estimated home range of the studied squirrel monkey population using Minimum Convex Polygon (MPC) methodology. Previously, we performed an analysis to verify locations for all georeferenced points on the study area and observed the behavioral and ecological activities in each (Powell and Mitchell 2012). We defined a fit for 100% of the points, and these were used to analyze general and seasonal home range size (Rodgers and Carr 2002). MPC values were calculated using “Home Range tools” for ArcGis 9.3 (Rodgers and Carr 2002). Using GPS Track Maker software version 13.9, we calculated mean daily path length for each month using the same data points used for home range analyses. The georeferenced points were also used to calculate daily path length. The height of each individual during scan sampling was visually estimated in order to evaluate vertical strata use. Posteriorly, we classified vertical strata into five height categories: 0-3m, >3-6m, >6-9m, >9-12, >12m.

2.2.7 Interspecific interactions

All encounters between the study squirrel monkeys and other animal species in the forest patch were recorded, providing individuals were within a 50-meter radius (Oates and Whitesides 1990). Species identity were recorded in these encounters, along with approximate distance and any behavior associated with such approximation between species. Behaviors were categorized as: neutral (i.e., no change in behaviors observed) and agonistic (i.e., physical contact and/or emission of agonistic calls from one or both species). These data were collected *ad libitum* between scans; such a combination with scans offers the best method for capturing such rare events (Altmann 1974).

2.2.8 Data analysis

Data were treated at a population level and not at a group level. Behavioral and ecological data were collated into general, monthly, and seasonal samples. Frequencies of behavioral and diet data records were calculated for each behavioral category/food item, using the formula: $pi = ni/N \times 100$, where pi = percentage of records for each behavioral category/food item, n = number of records of behavioral category/food item i , and N = total number of records collected during the study period (Cullen Jr. and Valladares-Pádua 1997). Seasonal comparison of behavioral categories and diet composition were analyzed with a binomial z test. We compared frequencies (percentages) of behaviors to qualitatively test the monthly variations. To verify the patterns of vertical use of the forest, we used the absolute frequency of records observed during scans, allowing the relative use frequency obtained for the five categories of vertical strata. Variation in general and seasonal use frequencies were tested using a Chi-square and Kolmogorov-Smirnov test, respectively. We compared monthly home range size and daily path length using a non-parametric Kolmogorov-Smirnov test. Statistical significance level was set at $p < 0.05$. All analyzes were performed in SPSS v. 21 (IBM Corp., released 2012).

2.3 RESULTS

2.3.1 Diet composition

The diet of the studied squirrel monkey population was composed of 17 plant species grouped in 12 botanical families (Table 1), nearly 59% ($N=10$ species) of which were exotic

species. Overall, fruit was the most consumed item (64% of total food items recorded, N=578 records), followed by leaves (2%, N=23), flowers (2%, N=15) and twigs (4%, N=4). The exotic plants exploited constituted almost 95% of total plant species recorded in the diet in our scan sampling observations, and were uniformly distributed (VMR index=0.63) within the home range. The density of exotic plant species exploited by the animals in their home range was 6.83 individuals/ha. There were 56 records (6% of total recorded) of invertebrates. Unidentified items in the diet constituted 25%. Among the vertebrates consumed, we had an unidentified species of lizard and two nestlings of the Rufous-bellied Thrush (*Turdus rufiventris*).

Table 1: Plant items in the studied squirrel monkey diet. List ordered by diet item comsumption frequency.

Family	Latin name	Status	n (%)
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Exotic	280 (48)
Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i>	Exotic	109 (19)
Arecaceae	<i>Elaeis guineenses</i>	Exotic	64 (11)
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Exotic	63 (11)
Musaceae	<i>Musa</i> sp.	Exotic	17 (3)
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i>	Exotic	15 (2)
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>	Exotic	12 (2)
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	Native	6 (1)
Fabaceae	<i>Centrosema</i> sp.	Native	6 (1)
Melastomataceae	<i>Miconia hypoleuca</i>	Native	4 (1)
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Native	4 (1)
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i>	Exotic	2 (0)
Cactaceae	<i>Epiphyllum phyllanthus</i>	Native	2 (0)
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Exotic	1 (0)
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>	Exotic	1 (0)
Lecythidaceae	<i>Eschweilera luschnathii</i>	Native	1 (0)
Moraceae	<i>Brosimum discolor</i>	Native	1 (0)

Fonte: O Autor (2017).

Fruit consumption has been recorded across all fieldwork months, while invertebrate consumption began to be recorded in April, 2016, coinciding with the onset of the annual rains. Flower consumption was recorded in five months, whereas consumptions of twigs, vertebrates and fungi were occasional. Seasonality influenced significantly only flower consumption (Table 2); however, such items were a minor component of the squirrel monkeys diet at our study site.

Table 2: Binomial z values for the comparisons of proportion of diet items consumed by the studied squirrel monkeys in both dry and rainy seasons. *Not included in the statistical tests due to small consumption frequency of the item.

Diet item	Total number (%) of food items recorded in		z (P)
	the:		
	Dry season	Rainy season	
Fruit	352 (87.13)	226 (81.29)	0.64 (0.74)
Leaf	11 (2.72)	12 (3.32)	-1.15 (0.12)
Twigs	4 (0.99)	2 (0.72)	0.35 (0.64)
Flower	4 (0.99)	11 (3.96)	-2.60 (0.004)
Invertebrate	33 (8.17)	23 (8.27)	-0.10 (0.46)
Vertebrate*	0	2 (0.72)	
Fungi*	0	2 (0.72)	
Total	404	278	

Fonte: O Autor (2017).

2.3.2 Behavioral patterns

The studied squirrel monkey population spent most of their time engaged in locomotion (44%), followed by foraging (31%), resting (10%), social interactions (9%) and active feeding (7%). For social activities, most of the time was spent engaging in social play (56%), agonistic interactions (25%), reproductive behavior (8%), inter- and intra-specific chasing (4%), and affiliative behaviors (scratching, sniffing, begging attention: 6% combined).

Locomotion was most frequent in February and June 2016 when feeding rates were also highest. The lowest rates for locomotion and foraging were recorded in March 2017. Foraging was most frequent in June and July 2016. Time devoted to resting was lower than that devoted to feeding in July, August and March 2017. Social interactions were most frequent when birth and lactation occurred, likely due to an increase in offspring care.

When comparing dry and rainy months, we found significant differences for all behavioral categories, except feeding. In the dry season, individuals spent more time on social interaction, feeding, resting and locomotion, while in the rainy season foraging was the most frequent activity (Table 3).

Table 3: Binomial z values for the seasonal comparison of the proportion of time spent on each behavioral category by studied squirrel monkeys at Mata do Curado Wildlife Refuge, Pernambuco State, Brazil.

Behavioral category	Total number (%) of behavioral categories recorded in the:		
			z (P)
	Dry season (N=7 months)	Rainy season (N=5 months)	
Feeding	539 (6.83)	398 (7.0)	-0.39 (0.35)
Resting	942 (11.93)	421 (7.41)	8.21 (0.000)
Foraging	1964 (24.88)	2199 (38.69)	-14.35(0.000)
Social interaction	3582 (45.37)	2323 (40.88)	9.58 (0.000)
Move	868 (10.99)	342 (6.02)	3.92 (0.000)
Total	7895	5683	

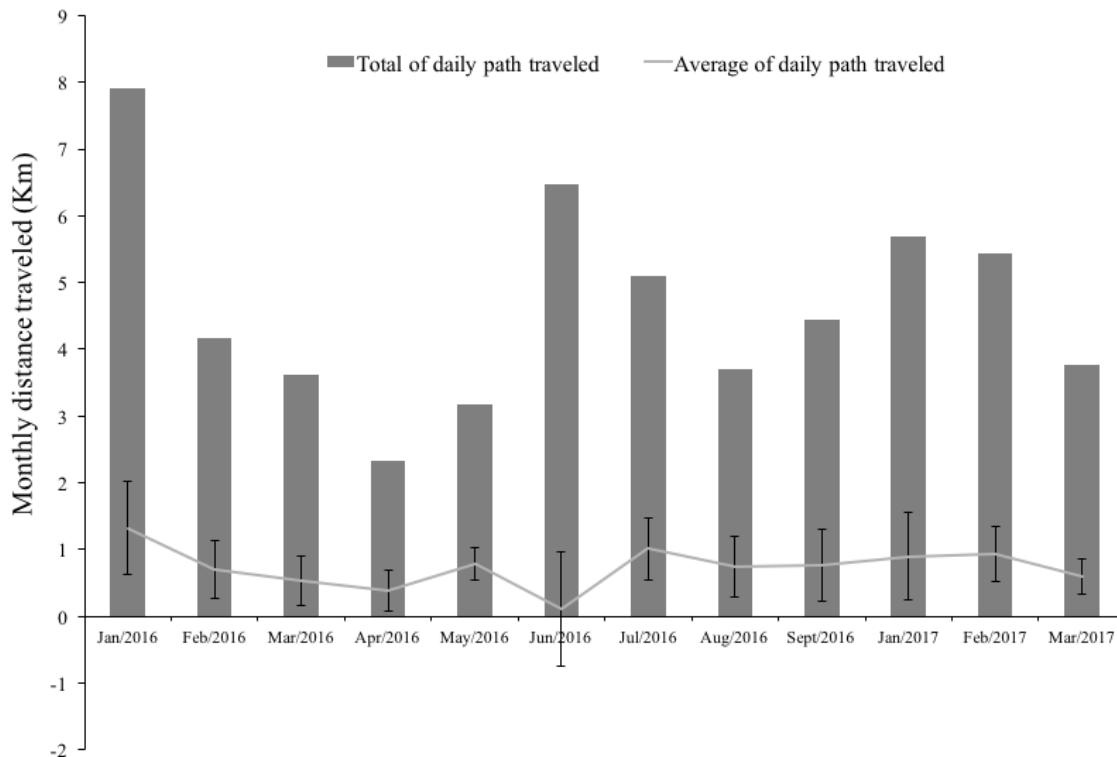
Fonte: O Autor (2017).

2.3.3 Ranging behavior

Monthly mean home range size for the studied squirrel monkey population was 23.4 (\pm SD 9.47 ha), varying from 11 to 38 ha. Home range use did not vary significantly between months (Kruskal-Wallis test: KS=0.439, P=0.99). Study animal daily path lengths varied from 0.83 km to 2.79 km (mean $0.81 \pm$ SD 0.52 km). Path length also did not vary between months (Kruskal-Wallis test: KS=0.569, P=0.903). Longest travel distances occurred in January 2016, while April had the lowest travel distances (Figure 3). However, again there was no

significant difference between the average daily path between seasons (Kruskal-Wallis test: KS=0.87, P=0.42), where the dry period daily path mean was 0.79 (\pm SD 0.5 km), and 0.84 (\pm SD 0.55 km) in the wet season.

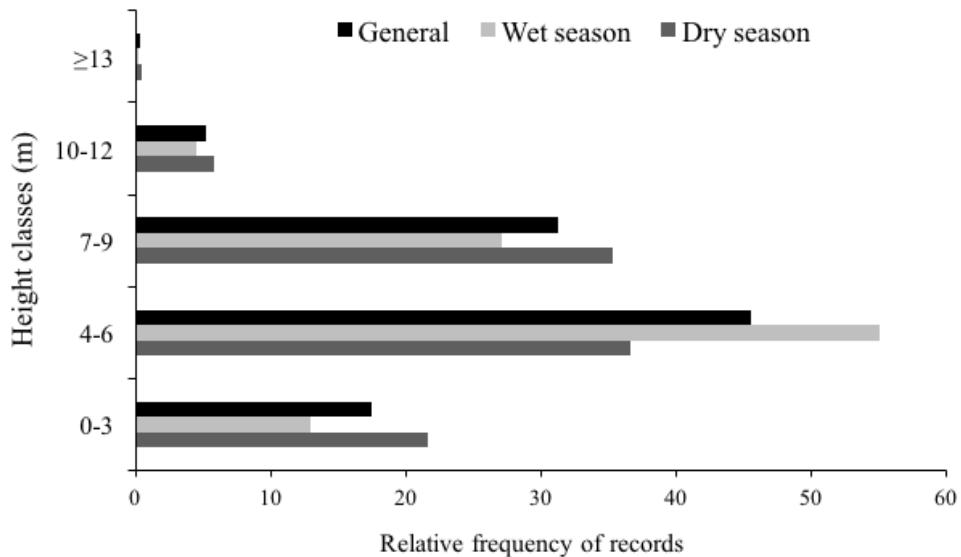
Fig. 3: Total monthly distance traveled and average of the daily path traveled (km) of the studied squirrel monkeys at Mata do Curado Wildlife Refuge over the study period.



Source: The Autor (2017)

Vertical stratum use varied significantly between months (Chi-square test: $\chi^2=49.25$, df=4, P<0.0001). Overall, in the rainy season, the strata height most commonly used by the studied squirrel monkeys lay between 4 m and 6 m (46%). There was not significant variation in the strata uses (Kruskal Wallis test: KS=0.878, P=0.423). When individuals were recorded in the upper strata of tree canopy these were relatively low (range: 10-12 m), and individuals were rarely recorded in strata ≥ 12 m (0.38%) (Figure 4).

Fig. 4: Relative frequency of use of the vertical strata by the studied squirrel monkeys throughout the study period (general), and in the dry and rainy seasons ($N_{\text{general}} = 9773$, $N_{\text{Dry season}} = 5039$, $N_{\text{Rainy season}} = 4734$).



Source: The Autor (2017)

2.3.4 Inter-specific relationships

A total of 155 interspecific interactions were recorded. For five of these, the studied squirrel monkeys were in contact with the three-toed sloth (*Bradypus variegatus*). In one of these events, several adult and juvenile squirrel monkeys groomed an adult male three-toed sloth for 60 seconds. During this period, we did not observe the squirrel monkeys removing and chewing any material retrieved from the sloth's back. On the other four occasions, squirrel monkeys showed no physical interaction with the sloth. On four occasions, the studied squirrel monkeys responded with alarm vocalization to the relatively close proximity of a raptor (*Caracara plancus*) flying down close to the canopy where the monkeys were placed. One encounter with a coati (*Nasua nasua*) resulted in the performance of agonistic displays by the squirrel monkeys, but with no physical contact. The studied squirrel monkeys also performed agonistic displays to domestic dogs on two occasions, and no apparent reaction to the presence of an agouti (*Dasyprocta iacki*).

A total of 141 encounters were recorded between the common marmoset (*Callithrix jacchus*) and the studied squirrel monkeys. In 11% ($N=15$ encounters) the common marmosets were chased away quickly (<1 minute) by the squirrel monkeys. On two occasions, there was physical contact between the two species, with the emission of the agonistic vocalization by common marmosets. These physical contacts occurred when both

species were moving over the same direction in the same forest stratum and/or branch. On 16 other occasions, food resource sharing occurred without any apparent agonistic behavior, including on the same feeding tree. Two of these occurred when several squirrel monkeys were feeding from a ripe jackfruit when a single common marmoset approached and began to feed from the same fruit. The squirrel monkeys allowed the marmosets to feed on the jackfruit with them. It was not recorded any type of interaction in the other 106 encounters.

2.4 DISCUSSION

Overall, our results indicated that the studied squirrel monkey population: i) had a diet composed primarily of fruit pulp, the majority of which were from exotic plant species, ii) were most frequently active in the forest mid-strata (range: 4-9 m), and, iii) had an activity budget in which locomotion and foraging, were the most frequently performed activities. With the exception of flowers, there were no variation between seasons in resource exploitation, or ranging behavior (home range size, use of vertical strata, daily and path length). On the other hand, during the dry season, resting, social behavior and locomotion related activities were performed more frequently. The studied squirrel monkeys appear to have adjusted their activity pattern and diet in a habitat different to that occurring in their original geographic range, resulting in behavioral variations related to resource availability (Appendix S1).

Members of the genus *Saimiri* have been considered as predominantly insectivorous (Janson and Boinski 1992, Stone 2007b, Zimbler-DeLorenzo and Stone 2011), frugivorous (Pinheiro et al. 2013, Paim et al. 2017) or insectivorous-frugivorous (Lima and Ferrari 2003). During the study period, an essentially frugivorous diet was recorded for the studied squirrel monkey population. The exotic species that dominated the diet of the studied population of squirrel monkeys (*A. heterophyllus*, *S. cunini*, *E. guineenses*, *M. indica*) have higher amount of fruit pulp than do native species (Traveset and Richardson 2014), thus, frugivorous species are likely to prefer them (Kueffer et al. 2009). There are at least three possible factors that may help to explain the low number of invertebrates recorded in the diet of studied population: i) the high density of exotic plant species within the studied forest fragment and their high fruit productivity, and a selection of this food source with a higher cost-benefit ratio by the animals; ii) the use of pesticide fogging for adult mosquitoes in the residential areas

surrounding urban forest fragment in Pernambuco was formerly common (authors *pers obs*), and thus, could have caused a reduction in the invertebrate populations in the study area (see Frankie and Ehler 1978). Abundance of exotic plant species can lead to a decreasing of invertebrates due to the modification in plant community, changes in the food availability for herbivorous and also plant architecture (Simao et al. 2010, Gerber et al. 2008, Pearson 2009); and iii) the study forest fragment is highly degraded due to strong anthropic pressure and its surrounding urban landscape, and this could have led to a reduction in invertebrate diversity. Although insect diversity can be influenced positively or negatively by such factors (Thomazini and Thomazini 2000), the effects of habitat fragmentation and destruction contribute to a reduction in the overall abundance of invertebrates (Didham 1997a). In contrast, in large Amazon forest areas, invertebrate richness and density is often high (Didham 1997b). Thus, while the natural squirrel monkey range in Amazonia supply a large number of edible invertebrates, the area inhabited by the studied population may have a limited invertebrate abundance. The opportunistic and flexible foraging behavior of the squirrel monkeys may allow them to choose the most energetically-rewarding and widely available food resources when the components of their usual diet is not abundantly available. In addition, fruit trees tend to have varied strategies to optimize dispersion, which consequently can increase their consumption by several species (e.g. Fleming et al. 1993, Leiner et al. 2009). On the other hand, invertebrates tend to have an array of anti-predator strategies (e.g. Whitman and Vincent 2008, Herberholz and Marquart 2012, Conner et al 2014), which may pose at least some limitations to several species to consume them.

Behavioral activities with high energy expenditure, such as foraging and locomotion are the most frequently performed by squirrel monkeys (Lima et al. 2000, Pinheiro et al. 2013). In our study, the squirrel monkey population also devoted most of their time to these two activities. However, foraging was more frequent in the Amazon region (De Thoisy et al. 2002, Pinheiro et al. 2013), while for the animals studied in the Atlantic Forest, locomotion was the most frequent behavior. The higher degree of foraging in squirrel monkeys in the Amazon rainforest could potentially be linked to the search for insects in this region, whereas in the studied Atlantic Forest population, the higher levels of locomotion could be associated to the location of fruiting trees, which usually have a variable spatial-temporal distribution (Mendoza et al. 2017). Both fruit pulp and invertebrates are energetically-rich foods (carbohydrate and protein, respectively) (NCR 2003, Lambert 2011). Increasing the energy expenditure to move in search of insects is likely to be a less feasible foraging strategy for

squirrel monkeys in the study fragment of the Atlantic Forest, because of the high likelihood of finding energy-rich fruit pulp from exotic plant species.

The relationship between home range size, diet and metabolic needs is well-established for primates (Harvey and Clutton-Brock 1981). Home range size and daily path length in primates depend on the availability and distribution of food and forest area size available (see Ramos-Fernández 2005, Aureli et al. 2008, Nagy-Reis and Setz 2017). Home range and daily path sizes of the squirrel monkey population investigated here were within those found for Amazonian squirrel monkeys (i.e., home range: 9.2-130 ha, daily range: 2-4 km) (Electronic supplementary material 1). Frugivorous species tend to have larger home range than insectivorous species due to the more dispersed spatial-temporal distribution of fruiting trees (Milton and May 1976). In this study, squirrel monkeys were highly frugivorous (64% of diet) and the major food sources (i.e., exotic plant species) were uniformly distributed. Such factors could have caused the relatively small home range size (23.4 ha) recorded when compared with many other *Saimiri* studies (Appendix S1). On the other hand, the home range size corresponded to 55% of total area of the available forest fragment, which indicates that the squirrel monkeys are using an extensive portion of the studied Atlantic forest fragment, but that their ranging behavior is not limited by the size of the forest fragment they inhabit.

In terms of vertical spatial use, although the studied squirrel monkeys had a forest stratum preference similar to those in Amazonia (see Baldwin 1985, Lima et al. 2000, Pinheiro et al. 2013), our result needs to be considered with caution. Because of the highly-disturbed nature of the study area caused by both selective and indiscriminate logging and fires, the average height of the trees at the study site is low (11.2 m: Lins-e-Silva and Rodal 2008, and ACC, BMB and JPSA *pers. observ.*), compared to the Amazon forest areas where average heights may vary between 25 and 35 m (Helmer and Lefsky 2006). Lima et al. (2000), for example, found a preference of squirrel monkeys for the middle stratum of the Amazonian forest, which, in their study forests, occurred between 10 and 25 meters. The lack of natural predators, combined with form of vegetation structure (closed forest canopy cover and density of forest understory, see Boinsky et al. 2003) may have influenced the vertical use of the forest by the studied squirrel monkeys. In native habitat (i.e., Amazonian forest) squirrel monkeys may be potentially predated by several hawks and eagle species (Boinsky et al. 2003, McKinney 2009, Barnett et al. 2015), and this may limit the use of high forest strata by squirrel monkeys. Even though it is not possible be certain of the potential predators of

squirrel monkeys in the studied Atlantic forest environment, due to the lack of predation records, the presence of crested caracaras in the study area and the reaction of the squirrel monkeys to their presence (i.e., utterance of alarm calls), may indicate a potential prey-predator relationship between them. Caracaras have been observed preying on other primates (e.g. mantled howler monkeys, *Alouatta palliata*, McKinney 2009) and raptors overall seem to switch resource bases under situation of prey poverty (Steenhof and Kochert 1988, Tella and Mañosa 1993, Zuberogoitia et al. 2010, Margalida et al. 2011). This could also have influenced forest stratum choice by the studied monkeys. Crested caracaras use to flight low heights while foraging over open areas in order to capture small vertebrates (Sazima 2007). Thus, using forest strata where the capacity to avoid predators would be potentially higher could be considered as an adaptation by squirrel monkeys to the non-native habitat.

As the species under investigation is an exotic one, it is necessary and important to assess the possible impacts it may have on native fauna. However, this study did not exclusively address the issue of interspecific interaction, and thus some aspects of the interactions may have been missed. The grooming event carried out by the squirrel monkeys on an individual three-toed-sloth, for example, could be an opportunistic foraging event. Sloths contain a symbiotic microbiota in their fur, including green algae (*Trichophilus* sp.), fungi and invertebrates (e.g. pyralid moths: *Cryptoses* sp.) (Pauli et al. 2013). An anecdotal hypothesis is that the monkeys were consuming the moths in the sloth's fur as an alternative food resource. However, it was not possible to accurately observe if the squirrel monkey individuals consumed anything during the grooming episode. During recorded interaction events between the squirrel monkeys and common marmosets, a relatively low frequency of agonistic behaviors was observed. Several studies have reported species of *Saimiri* living in apparent harmony with mixed groups of other primate species (Baldwin and Baldwin 1981, Terborgh 1983, Terborgh and Janson 1986). Nevertheless, a study conducted in another Atlantic forest fragment at Saltinho-Pernambuco (Brazil) suggested that squirrel monkeys negatively impacted the behavior of common marmosets, increasing their vigilance and reducing foraging, feeding and resting, social and self-grooming behaviours (Camarotti et al. 2015). The squirrel monkeys in our study area followed the relatively peaceful pattern observed for other *Saimiri* groups associating with other primate species, and even engaged in food sharing. Other impacts such as transmission of disease and parasites (see Freeland 1979)

between squirrel monkeys and local fauna could be investigated to further ascertain the true nature and extent of the impacts of these monkeys on the Atlantic Forest biota.

Animals tend to adjust their behavioral and ecological patterns to account for seasonal changes (Wonga and Candolin 2015). For example, the frequency of foraging and social behaviors varied inversely between seasons for two squirrel monkey groups studied by Pinheiro et al. (2013). However, Stone (2007a) found that time devoted to foraging and feeding was greatest in the dry season. In contrast, Paim et al. (2017) did not find seasonal variation in foraging and social behaviors in squirrel monkeys living in the Amazon. The studied squirrel monkeys in the Atlantic forest followed the same general activity budget of those animals monitored by Pinheiro et al. (2013) in an Amazonia forest fragment. In addition, the frequency of resting and locomotion was higher during the dry season. In our study, the dry season was on average hotter (27.5°C vs. 25.3°C) and drier (72.4% vs. 79.7% humidity) than the rainy season. These factors have been proposed as contributing to longer resting periods for baboons (*Papio hamadryas ursinus*), which tend to increase resting time during periods with higher temperatures (Hill 2006). Additionally, Prince Bernhard's titi monkey *Plecturocebus benhardi* (formerly *Callicebus benhardi*) shows reduced resting behavior at sites with low levels of sunlight (Lopes and Bicca-Marques 2017). Increases in movement frequency by primates in dry periods is considered to be related to the search for food resources (Nagy-Reis and Setz 2017). However, it is not possible to say that the study population used such a strategy, since seasonal resource availability in home range was not quantified, nor was there any variation in the exploitation of energy items (i.e. fruits) among the seasons.

Here, we have shown that the studied squirrel monkeys adapted sufficiently to the Atlantic Forest fragment in which they were investigated, being able to feed and reproduce to maintain a viable population. Therefore, the species could be classified as an established exotic, but there is still a need for more targeted studies on interspecific interactions and non-random influence on local fauna to ascertain whether it should be classified as an exotic invasive species due to, for example, its action as a vector of parasites and viruses. The studied squirrel monkey population appeared to exploit the available resources efficiently, showing preferences for a frugivorous diet centered on the exploitation of fruit pulps from exotic plant species. The behavioral pattern of the studied animals at our Atlantic forest study site was similar to that reported for squirrel monkeys living in Amazonia. In addition, the population exhibited seasonal variations identical to those performed by Neotropical primates

in natural range areas, including resting in the dry season and, forage/feeding in the wet period. However, exploration of the area apparently had a great influence on the ratio of the home range and group size. Future studies on squirrel monkeys inhabiting non-natural habitats should include investigations on: i) whether interaction between squirrel monkeys and other local primates occurs randomly or could be beneficial for both species (i.e., through avoiding predation via alarm call eavesdrop or even location of potential food resources); ii) the interaction with other mammals such as sloths to understand the potential of opportunist foraging during grooming; iii) the use of invertebrates in the diet, and iv) how resource availability and spatial distribution may influence behavioral pattern, diet and habitat use.

REFERENCES

- Allendorf, F. W., & Lundquist, L. L. (2003). Introduction: population biology, evolution, and control of invasive species. *Conservation Biology*, 17(1), 24-30.
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49(3), 227-266.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Anderson, C. J., Hostetler, M. E., & Johnson, S. A. (2017). History and status of introduced non-human primate populations in Florida. *Southeastern Naturalist*, 16(1), 19-36.
- APAC (2017). Agência Pernambucana de Águas e Clima. <http://www.apac.pe.gov.br/>. Acessado 04 abril 2017
- Aureli, F., Schaffner, C. M., Boesch, C., Bearder, S. K., Call, J., et al (2008). Fission-fusion dynamics. New research frameworks. *Current Anthropology*, 49(4), 627-654.
- Baldwin, J. D., Baldwin, J. I. (1981). The squirrel monkeys, genus *Saimiri*. In A. F. Coimbra-Filho & R. A. Mittermeier (Eds.). *Ecology and Behavioral of Neotropical Primates*, Academia Brasileira de Ciências, 1, 277-330.
- Baldwin, J.D. (1985). The behavior of squirrel monkeys (*Saimiri*) in natural environments. In L. A. Rosenblum & C. L. Coe (Eds.) *Handbook of Squirrel Monkey Research*. New York: Springer, 25-53.

- Barnett, A. A., Andrade, E. S., Ferreira, M. C., Soares, J. B. G., da Silva, V. F., & Oliveira, T. G. (2015). Primate predation by black hawk-eagle (*Spizaetus tyrannus*) in Brazilian Amazonia. *Journal of Raptors Research*, 49, 105-107.
- Blomquist, G. E., Kowalewski, M. M., & Leigh, S. R. (2009). Demographic and morphological perspectives on life history evolution and conservation of new world monkeys. In *South American Primates*, New York: Springer, 117-138.
- Boinski, S. (1987). Habitat use by squirrel monkeys (*Saimiri oerstedi*) in Costa Rica. *Folia Primatologica*, 49, 151-167.
- Boinski, S. (1999). The social organizations of squirrel monkeys: implications for ecological models of social evolution. *Evolutionary Anthropology*, 8(3), 101-112.
- Boinsky S., Sughrue, K., Selvaggi, L., Quatrone, R., Henry, M., & Cropp, S. (2002). An expanded test of the ecological model of primate social evolution: competitive regimes and female bonding in three species of squirrel monkeys (*Saimiri oerstedii*, *S. boliviensis*, and *S. sciureus*). *Behaviour*, 139, 227-261.
- Boinsky S., Kauffman L., Westoll, A., Stickler, C. M., Cropp, S., & Ehmke, E. (2003). Are vigilance, risk from avian predators, and group size consequences of habitat structure? A comparison of three species of squirrel monkey (*Saimiri oerstedii*, *S. boliviensis*, and *S. sciureus*). *Behaviour*, 140, 1421-1467.
- Camarotti, F. L. M., Luna, V., Borstelmann, A. M. O. (2015). The effects of introducing the amazonian squirrel monkey on the behavior of the Northeast marmoset. *Acta Amazonica*, 45, 29-34.
- Cullen Jr, L., & Valladares-Pádua, C. (1997). Métodos para estudos de ecologia, manejo e conservação de primatas na natureza. In C. Valladares-Pádua, R.E. Bodmer & L. Cullen Jr. (Eds.). *Manejo e Conservação de Vida Silvestre no Brasil*, 239-269.
- De Moraes Jr, M. M., Ruiz-Miranda, C. R., Grativil, A. D., de Andrade, C. C., Lima, C. S., Martins, A., & Beck, B. B. (2008). Os saguis, *Callithrix jacchus* e *penicillata*, como espécies invasoras na região de ocorrência do mico-leão dourado. In P. P. Oliveira, A. D. Grativil, C. R. Ruiz-Miranda, & J. D. Ballou (Eds.), *Conservação do mico-leão-dourado: enfrentando os desafios de uma paisagem fragmentada*. *Série Ciências Ambientais*. Editora UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, 3, 86-117.

- De Thoisy, B., Bayart, O. L. F., & Contamin, H. (2002). Behavior of squirrel monkey (*Saimiri sciureus*) — 16 years on an island in French Guiana. *Neotropical Primates*, 10(2), 73-76.
- Didham, R. K. (1997a). The influence of edge effects and forest fragmentation on leaf-litter invertebrates in central Amazonia. In W. F. Laurance & R. O. Bierregaard Jr. (Eds.), *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago, 55-70.
- Didham, R. K. (1997b). An overview of invertebrate responses to forest fragmentation. In A. D. Watt, N. E. Stork, & M. D. Hunter (Eds.), *Forests and Insects*. Chapman and Hall, London, 303-320.
- Doherty, T. S., Glen, A. S., Nimmo, D. G., Ritchie, E. G. & Dickman, C. R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113, 11261–11265.
- Frankie, G. W., & Ehler, L. E. (1978). Ecology of insects in urban environments. *Annual Reviews in Entomology*, 23, 367-387.
- Freeland, W.J. (1979). Primate social groups as biological islands. *Ecology*, 60, 719-728.
- Gerber, E., Krebs, C., Murrell, C., Moretti, M., Rocklin, R., & Schaffner, U. (2008). Exotic invasive knotweeds (*Fallopia* spp.) negatively affect native plant and invertebrate assemblages in European riparian habitats. *Biological Conservation*, 141, 646-654.
- Glowka, L., Burhenne-Guilmin, F., Synge, H., McNeely, J. A., & Gundling, L. A. (1994) Guide to the Convention on Biological Diversity. Gland and Cambridge: IUCN, 1994.
- Harvey, P.H., & Clutton-Brock, T. H. (1981). Primate home-range size and metabolic needs. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 8, 151-155.
- Helmer, E. H., & Lefsky, M. A. (2006). Forest canopy heights in Amazon River basin forests as estimated with the Geoscience Laser Altimeter System (GLAS). In: C. Aguirre-Bravo, P. J. Pellicane, D. P. Burns, & S. Draggan (Eds.), Monitoring science and technology symposium: unifying knowledge for sustainability in the western hemisphere proceedings: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 802-808.

- Hershkovitz, P. (1984). Taxonomy of squirrel monkeys genus *Saimiri* (Cebidae, Platyrhini): a preliminary report with description of a hitherto unnamed form. *American Journal of Primatology*, 7(2), 155-210.
- Hill, R. A. (2006). Thermal constraints on activity scheduling and habitat choice in baboons. *American Journal of Physical Anthropology*, 129(2), 242-249.
- Jack, K. M. (2007). The Cebines. In C. J. Campbell, A. Fuentes, K. C. Mackinnon, M. Panger, & S. K. Bearder (Eds.), *Primates in Perspective*, Oxford University Press, 107–123.
- Janson, C. H., & Boinski, S. (1992). Morphological and behavioral adaptations for foraging in generalist primates: the case of the cebines. *American Journal of Physical Anthropology*, 88(4), 483-498.
- Kueffer, C., Kronauer, L., & Edwards, P. J. (2009). Wider spectrum of fruit traits in invasive than native floras may increase the vulnerability of oceanic islands to plant invasions. *Oikos*, 118(9), 1327-1334.
- Lambert, J. E. (2011). Primate nutritional ecology: Feeding biology and diet at ecological and evolutionary scales. In C. J. Campbell, A. Fuentes, K. C. MacKinnon, M. Panger, S. K. Bearder (Eds), *Primates in Perspective*, New York: Oxford University Press, 2, 122-139.
- Leão, T. C. C., Almeida, W. R., Dechoum, M. S. & Ziller, S. R. (2011). *Espécies exóticas invasoras no nordeste do Brasil: contextualização, manejo e políticas públicas*. CEPAN, Instituto Hórus.
- Lee, C. E. (2002). Evolutionary genetics of invasive species. *Trends in Ecology e Evolution*, 17(8), 386-391.
- Lima, E. M., & Ferrari, S. F. (2003). Diet of a free-ranging group of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Brazilian Amazonia. *Folia Primatologica*, 74(3), 150-158.
- Lima, E. M., Pina, A. L. C. B. & Ferrari, S. F. (2000). Behaviour of free-ranging squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*, Platyrhini, Cebidae) at the Fazenda Monte Verde, Peixe-boi, Pará. *A Primatologia no Brasil*, 7, 171-180.
- Lins-e-Silva A. C. B., & Rodal, M. N. J. (2008). Tree community structure of an urban remnant of Atlantic coastal forest in Pernambuco, Brazil. In W. W Thomas (Ed.), *The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil*, New York, The New York Botanical Garden, 517-540.

- Lopes, K. G. D., & Bicca-Marques, J. C. (2017). Ambient temperature and humidity modulate the behavioural thermoregulation of a small arboreal mammal (*Callicebus bernhardi*). *Journal of Thermal Biology*, 69, 104-109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.06.01>.
- Margalida, A., Campión, D. & Donázar, J.A. (2011). Scavenger turned predator: European vultures' altered behaviour. *Nature*, 480, 457-457.
- McKinney, T. (2009). Anthropogenic change and primate predation risk: crested caracaras (*Caracara plancus*) attempt predation on mantled howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Neotropical Primates* 16, 24-27.
- Mendes-Pontes, A. R., Jordani, R. A., Rosas Ribeiro, P. F., Normande, I. C., Fernandes, A. C. A., Soares, M. L., & Ramalho, C. B. (2007). Ocorrência e abundância de primatas em fragmentos florestais no Centro de Endemismo Pernambuco. In Bicca-Marques, J. C. (Ed.), *A Primatologia no Brasil*, 10 (3), 193-206.
- 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.
- Milton, K. & May, M. L. (1976). Body-weight, diet and home range area in primates. *Nature*, 259(5543), 459-462.
- Mitchell, C.L. (1990). The ecological basis for female social dominance: a behavioral study of the squirrel monkey. PhD Thesis, Princeton University, Princeton.
- Mittermeier, R.A., & van Roosmalen, M.G.M. (1981). Preliminary observations on habitat utilization and diet in eight Suriname monkeys. *Folia Primatologica*, 36, 1-39.
- 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(1), 149-158.
- NCR, 2003. Nutrient requirements of nonhuman primates. Panel on nonhuman primate nutrition, subcommittee on laboratory animal nutrition, committee on animal nutrition, board on agriculture and renewable resources, 2nd revised edition. *National Research Council*.
- Neumann M. & Starlinger, F. (2001). The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest Ecology and Management*, 145, 91–106.

- Oates, J. F., & Whitesides, G. H. (1990). Association between olive colobus (*Procolobus verus*), diana guenons (*Cercopithecus diana*), and other forest monkeys in Sierra Leone. *American Journal of Primatology*, 21(2), 129-146.
- Oliveira, L. C., & Grelle, C. E. V. (2012). Introduced primate species of an Atlantic Forest region in Brazil: present and future implications for the native fauna. *Tropical Conservation Science*, 5(1), 112-120.
- Paim, F. P., Chapman, C. A., De Queiroz, H. L., & Paglia, A. P. (2017). Does resource availability affect the diet and behavior of the vulnerable squirrel monkey, *Saimiri vanzolinii*? *International Journal of Primatology*, 38 (3), 572-587.
- PANPriNE (2013). *Boletim Informativo PAN- Primatas do Nordeste*. <http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/4-destaques/3902-rebio-de-saltinho-fara-nova-captura-de-micos-de-cheiro.html>. Accessed June 15th, 2017.
- Pauli, J. N., Mendoza, J. E., Steffan, S. A., Carey, C. C., Weimer, P. J., & Peery, M. Z. (2014). A syndrome of mutualism reinforces the lifestyle of a sloth. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281 (1778), 1-7.
- Pearson, D. E. (2009). Invasive plant architecture alters trophic interactions by changing predator abundance and behavior. *Oecologia*, 159, 549-558.
- Pinheiro, T., Ferrari, S. F., & Lopes, M. A. (2013). Activity budget, diet, and use of space by two groups of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Amazonia. *Primates*, 54(3), 301-308.
- Powell, R. A., Mitchell, M. S. (2012). What is a home range? *Journal of Mammalogy*, 93, 948-958.
- Primack, R. B., & Rodrigues, E. (2001). Biologia da conservação e diversidade biológica. *Biologia da Conservação*. Londrina: Editora Vida, 01-68.
- Ramos-Fernández, G. (2005). Vocal communication in a fission-fusion society: do spider monkeys stay in touch with close associates?. *International Journal of Primatology*, 26 (5), 1077-1092.
- Redmond, I., Goodall, J. (2008). *The primate family tree*. The amazing diversity of our closest relatives. Firefly books, Buffalo.

- Rocha, C. F. D., Bergallo, H. G., Pombal Jr, J. P., Geise, L., Van Sluys, M., Fernandes, R., & Caramaschi, U. (2004). *Fauna de anfíbios, répteis e mamíferos do Estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil*. Publicações Avulsas do Museu Nacional, 104, 3-23.
- Rodgers, A. R. & Carr, A. P. (2002). *HRE: The home range extension for ArcView*. Ontario, Canada: Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Ontario Ministry of Natural Resources.
- Rowe, N. (1996). *The Pictorial guide to the living primates*. Pogonias Press.
- Ruiz-Miranda, C. R., Affonso, A. G., Morais, M. M. D., Verona, C. E., Martins, A., & Beck, B. B. (2006). Behavioral and ecological interactions between reintroduced golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced marmosets (*Callithrix* spp, Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic Coast forest fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(1), 99-109.
- Rylands, A. B., Mittermeier, R. A. (2013). Family Cebidae (Squirrel monkeys and Capuchins) In: R. A. Mittermeier, A. B. Rylands, D. E. Wilson (Eds). *Handbook of the mammals of the world*. Barcelona: Lynx Edicions, 3, 348-413.
- Sazima, I. (2007). The jack-of-all-trades raptor: versatile foraging and wide trophic role of the Southern Caracara (*Caracara plancus*) in Brazil, with comments on feeding habits of the Caracarini. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15, 592-597.
- Setz, E. Z. F. (1991). Métodos de quantificação de comportamento de primatas em estudos de campo. *A Primatologia no Brasil*, 3, 411-435.
- Silva, M. M., Espíndola, J. C., Santos, G. C., & Silva, L. A. C. (2006). *Diagnóstico do meio físico e biótico e mapa de uso e ocupação do solo do núcleo metropolitano do litoral pernambucano*. CPRH, GERCO PE.
- Simao, M. C. M., Flory, S. L., & Rudgers, J. A. (2010). Experimental plant invasion reduces arthropod abundance and richness across multiple trophic levels. *Oikos*, 119, 1553-1562.
- Steenhof, K. & Kochert, M. N. (1988). Dietary responses of three raptor species to changing prey densities in a natural environment. *Journal of Animal Ecology*, 57, 37-48.
- Stone, A. I. (2005). Foraging ontogeny is not linked to delayed maturation in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Ethology*, 112(2), 105-115.

- Stone, A. I. (2007a). Responses of squirrel monkeys to seasonal changes in food availability in an eastern Amazonian forest. *American Journal of Primatology*, 69(2), 142-157.
- Stone, A. (2007b). Ecological risk aversion and foraging behaviors of juvenile squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Ethology*, 13, 782-792.
- Tella J. L. & Mañosa S. (1993). Eagle owl predation on Egyptian vulture and northern goshawk-possible effect of a decrease in European rabbit availability. *Journal of Raptor Research*, 27, 111-112.
- Terborgh, J. (1983). *Five new world primates: a study in comparative ecology*. Princeton: Princeton University Press.
- Terborgh, J., & Janson, C. H. (1986). The socioecology of primate groups. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 111-136.
- Thomazini, M. J., & Thomazini, A. P. B. W. (2000). *A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas*. Rio Branco: Embrapa Acre.
- Traveset, A., & Richardson, D.M. (2014). Mutualistic interactions and biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 45, 89–113.
- Vermeij, G. J. (1996). An agenda for invasion biology. *Biological Conservation*, 78, 3-9.
- Wonga, B. B. M & Candolin, U. (2015). Behavioral responses to changing environments. *Behavioral Ecology*, 26, 665–673.
- Zimbler-DeLorenzo, H. S., & Stone, A. I. (2011). Integration of field and captive studies for understanding the behavioral ecology of the squirrel monkey (*Saimiri* sp.). *American Journal of Primatology*, 73, 607-622.
- Zuberogoitia, I., Martínez, J. E., Margalida, A., Gómez, I., Azkona, A. & Martínez, J. A. (2010). Reduced food availability induces behavioral changes in *Griffon Vulture Gyps fulvus*. *Ornis Fennica*, 87, 52-56.

2.5 APPENDIX S1: ACTIVITY BUDGET, DIET AND RANGING BEHAVIOR OF SAIMIRI spp.

Species	Activity budget (%):					% of diet					Ranging behavior				Source
	Rest	Forage	Feed	Move	Social	Fruit	Leaf	Flower	Seed	Arthropod	Home range (ha)	Daily length (m)	path		
<i>S. oerstedii</i>						10			90		200				Boinsky et al. (2002)
<i>S. sciureus</i>						92.6		6.7							Mittermeier & van Roosmalen (1981)
						71				4		176			Boinsky (1987)
										44.9					Lima & Ferrari (2003)
	3	61.4	22.1	7.7	5.8	39.2		12.8		47.3					Lima et al. (1997)
								1.7/28.5		79/82		110/123		2,236/2,290	Stone (2007) ²
	3.5/2.6	48.7/49.6	14.6/12/4	28.9	4.3/6/4	92.2/99		7.4/1		26.6/27.4		75/77.5			Pinheiro et al. (2013) ²
	12.5		63 ¹	20.5	4							12.3/17.5/20 ³	4.5		de Thoisy et al. (2002)
<i>S. boliviensis</i>						25				75		280-560		2-5	Boinsky (1987), Mitchell (1990)
<i>S. vanzolinii</i>	4.7/3.4	25.3/24.9	22.6/28	43.1/38 .1	4.3/5.9	49.4/60 .7		3.3/1.2		43.5/19.6					Paim et al. (2017) ²
<i>S. sciureus</i>	10	31	7	44	9	64	6	2	6	23.4		0.81			Presently study ⁴

3 Você pode ouvir? Diferenças na propagação de vocalizações de primatas em três biomas brasileiros

3.1 INTRODUÇÃO

A comunicação é o processo de transmissão de sinais entre dois ou mais indivíduos, para um uso posterior da informação a partir da presença ou ausência de resposta do destinatário (Truax 1984, Seyfarth 1984, Bradbury e Vehrencamp 1998). Para considerar a comunicação como verdadeira, faz-se necessário entender que o fornecimento da informação é intencional a fim de beneficiar primeiramente o remetente e, em seguida, o destinatário (Bradbury e Vehrencamp 1998). Quando o estímulo não beneficia os indivíduos envolvidos na comunicação, ela pode ser entendida como dica ou espionagem (Seyfarth 1984, Bradbury e Vehrencamp 1998). Cada espécie possui um sistema de comunicação que atende tanto as suas necessidades biológicas para troca de informações, quanto às exigências impostas pelo meio para que a mensagem seja propagada aos indivíduos de sua ou de outra espécie (Range e Fischer 2004, Palermo-Neto 2010). Esta troca de informações pode envolver a produção de sinais visuais, químicos, físicos e sonoros (Shettleworth 1998, Bezerra et al. 2009).

A comunicação sonora está presente em diversos grupos no reino animal, desde insetos até vertebrados (i.e., anfíbios, répteis, peixes, aves e mamíferos) – (Bradbury e Vehrencamp 1998, Vielliard 2004). Em suas particularidades grupais, os indivíduos desenvolveram aparatos anatômicos que auxiliam a emissão e percepção de sinais (Thorpe 1959, Robinson 1996, Naguib e Wiley 2001, Frey et al. 2006, Parmentier et al. 2008, Briefer 2012, Bastos 2014). Estes sinais acústicos precisam ser rigorosamente definidos a fim de garantir o reconhecimento entre os indivíduos de um grupo ou população (Wich et al. 2003, Delgado 2006, Bezerra et al. 2010). As vocalizações podem ser determinadas geneticamente, como as relacionadas a situações estereotipadas, ou podem também ser adquiridas através de aprendizagem (Mccowan e Newman 2000, Corewyn 2003). Em estudos com primatas, os pesquisadores utilizam com mais regularidade as vocalizações dos animais para estudos de comunicação (Bezerra et al. 2009), uma vez que o estudo da comunicação visual, tátil e química pode, por exemplo, se tornar limitado em ambiente natural no meio de uma floresta densa (Schuler e Abe 2005; Paim e Queiroz 2009). Além disso, as facilidades atuais em termos metodológicos para investigar a comunicação acústica (e.g., disponibilidade de

gravadores portáteis, remotos e softwares automatizados) quando comparados à métodos de investigação química, tátil e visual são notórios (Bezerra et al. 2009).

A estrutura da vegetação e o clima influenciam em diferentes aspectos o comportamento e ecologia de algumas espécies animais, como a comunicação vocal de anfíbios (Penna e Moreno-Gómez 2015), o orçamento de atividades de primatas (Paim et al. 2013), a dieta de pequenos mamíferos (Leiner e Silva 2007) e o uso do habitat de primatas (Barnett et al. 2005). Por exemplo, Sabatini e Ruiz-Miranda (2010) demonstraram a escolha de *Leontopithecus rosalia* (mico-leão-dourado) por estratos específicos da floresta para emissão de determinados tipos de vocalizações. Do mesmo modo, Garstang (2004) demonstrou que a comunicação de longa distância dos elefantes é diretamente influenciada por condições meteorológicas referentes a estratificação térmica e magnitude do vento em habitats abertos e fechados. A percepção auditiva e repetições de chamada emitidas por cada espécie também são fatores determinantes para o sucesso da comunicação vocal (Sabatini e Ruiz-Miranda 2008, Maciej et al. 2011, Schlenker et al. 2017). Logo, as diferenças encontradas naturalmente entre os habitats implicarão em alguma mudança na propagação do som.

Sabe-se que um conjunto de fatores interfere na seleção das melhores características acústicas de uma vocalização, como por exemplo a finalidade da vocalização (Brown 1989), o tamanho corporal dos animais relacionados ao nível de frequência das vocalizações (Martin 2017), as características do habitat, como temperatura, umidade, velocidade do vento, ruído de fundo (Morril et al 2013), e a altura da propagação (Sabatini e Ruiz-Miranda 2010, Maciej et al. 2011). Schneider et al. (2008) sugere que a herança filogenética pode melhor explicar a estrutura das chamadas do que a adaptação ao habitat da espécie, embora este tenha interferência direta e muitas vezes imprecisa sobre a transmissão (Naguib e Wiley 2001).

As vocalizações de muitas espécies foram selecionadas evolutivamente visando mitigar o impacto dos fatores acima citados sobre a comunicação vocal (Lameira e Wich 2008, Penna e Moreno-Gómez 2015). Esse tipo de seleção tende a otimizar principalmente as vocalizações de longa distância (Saunders e Slotow 2004, Peters e Peters 2010, Martin 2017). Elas podem ser propagadas até chegar ao seu receptor, carregando algumas informações necessárias, sem ser completamente degradadas, mesmo que o emissor não esteja em circunstância de contato visual com o alvo da comunicação (Altmann 1974, Prescott 2006, Bezerra et al. 2012).

As vocalizações com frequências mais altas possuem curtos comprimentos de onda e se degradam mais rápido do que as de frequências mais baixas, com seus longos comprimentos de onda (Bradbury e Vehrencamp 1998). A lei do quadrado-inverso mostra que a cada distância dobrada da fonte sonora, são perdidos ainda seis decibéis do sinal acústico, por conta da divergência do som na propagação esférica (Peterson e Gross 1967). Tal perda da pressão sonora em função da propagação já foi evidenciada em algumas espécies de primatas (Waser e Waser 1977; Brown 1989; Bezerra et al. 2012). A hipótese da adaptação acústica, proposto por Morton (1975), sugere que a acústica do habitat exerce uma pressão seletiva que molda e favorece a estrutura física de vocalizações de longa distância, a evolução do sinal para maximizar o alcance da propagação e o número de receptores. Desta maneira, investigar a propagação das vocalizações de diferentes espécies de primatas em diferentes habitats podem trazer à luz mais informações sobre a evolução da comunicação destes animais (Bradbury & Vehrencamp, 1998).

Desta forma, este trabalho investigou a propagação de chamados de quatro espécies de primatas Neotropicais: *Saimiri sciureus* (macaco-de-cheiro), *Callithrix jacchus* (sagui-de-tufo-branco), *Sapajus flavius* (macaco-prego-galego) e *Sapajus libidinosus* (macaco-prego da Caatinga), em três biomas brasileiros (Mata Atlântica, Caatinga e Amazônia) para averiguar como características ambientais podem influenciar nessa propagação.

Seria esperado que as vocalizações de cada espécie tivessem suas características físicas mais preservadas durante a propagação nos biomas em que elas originalmente ocorressem (i.e. dentro de sua distribuição natural). Ou seja, cada espécie de primata aqui considerado propagaria sua vocalização de modo mais eficiente nos seus respectivos habitats. Os macacos-de-cheiro são amazônicos, os macaco-prego-galego são endêmicos da Mata Atlântica, os saguis-comuns ocorrem tanto na Caatinga como na Mata Atlântica, e os macaco-prego da Caatinga ocorrem em área de Caatinga (Freese e Oppenheimer 1981; Mendes-Pontes et al. 2006; Oliveira e Langguth 2006; Rylands et al. 2009; Alfaro et al. 2015). Tendo em vista que macaco-de-cheiro e o sagui-de-tufo-branco possuem vocalizações com frequências mais altas que as dos macacos-prego, seria então esperado que eles sofressem uma perda maior na estrutura física de suas vocalizações durante a propagação. As frequências das vocalizações dos macacos-de-cheiro variam de 9 a 12 kHz (Baldwin e Baldwin 1981), as do sagui-de-tufo-branco de 7 a 10 kHz (Bezerra e Souto 2008), enquanto os para os macacos-prego, a frequência varia de 1,11 a 1,5 (Bastos et al. 2015).

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido de setembro a dezembro/2016 no bioma Mata Atlântica (bioma 1), em fevereiro/2017 no bioma Amazônia (bioma 3) e em março/2017 no bioma Caatinga (bioma 2). Informações específicas a respeito das áreas de estudo estão descritas abaixo.

Bioma 1 (Mata Atlântica - MA). Esta área de estudo foi o Refúgio de Vida Silvestre Mata do Curado ($8^{\circ}04'50''$ S e $34^{\circ}58'21''$ O), localizado na Região Metropolitana do Recife, Pernambuco-Brasil. A área compreende um fragmento urbano de Mata Atlântica, relativamente antropizado, com aproximadamente 106 ha inseridos nos limites espaciais do Comando Militar do Nordeste. Esta área é caracterizada por ter uma densidade arbórea de 780 indivíduos/ha, área basal de $24,7\text{ m}^2/\text{ha}$, e uma baixa altura do dossel (11,2 m) (Lins-e-Silva e Rodal 2008). A densidade média do sub-bosque foi baixa ($27,23 \pm 3,88$ m), contudo a área apresenta uma elevada cobertura de dossel, com apenas 18,59%. O experimento nesta área aconteceu durante o período seco, quando a média da temperatura e umidade local foi de $26,5^{\circ}$ e 79,8%, respectivamente. O índice de precipitação dos últimos 10 anos (2005 – 2015) na região foi, em média, 2,257 (± 433 mm). O ruído estimado do ambiente durante os experimentos apresentou uma média de -29,06 ($\pm 2,12$ dBu, n= 5 arquivos de som de 1s com gravação do ruído ambiente analisados através do *power spectrum* gerado pelo software BatSound 3.31©). Os experimentos foram conduzidos entre 08:00h e 17:00h.

Bioma 2 (Caatinga - CA). O experimento foi realizado no município de Salgueiro ($8^{\circ}08'10''$ S e $39^{\circ}14'31''$ O), interior do estado de Pernambuco-Brasil. A paisagem semi-árida na área estava dominada pela vegetação da Caatinga hiperxerófila (solos rasos e vegetação de baixo e médio porte) e caducifólia (com perda de folhas no período de estiagem) (Beltrão et al. 2005). A Caatinga possui uma densidade vegetacional quando arbórea de 811 indivíduos/ha, e quando arbustiva de 7,777 indivíduos/ha (Albuquerque et al. 1982). Ainda não existem informações fitofisionômicas específicas publicadas na literatura sobre o local onde o experimento foi conduzido. O sub-bosque se apresenta pouco denso, com uma visibilidade média de 38,33 ($\pm 5,13$ m) e uma alta abertura do dossel (49,2%). Os experimentos foram realizados entre às 07:00h e 18:00h, durante o período chuvoso. A precipitação média anual da região é 431,8 mm (Beltrão et al. 2005), mas não houve registro de chuva nos dias do experimento. No local a temperatura média foi $38,35^{\circ}\text{C}$ e a umidade nos

30,66% durante os dias de experimento. O ruído estimado do ambiente do local foi equivalente à -38,34 ($\pm 9,66$ dBu, n= 05 arquivos de som de 1s com gravação do ruído ambiente analisados através do *power spectrum* gerado pelo BatSound 3.31 ©).

Bioma 3 (Amazônia - AM). O experimento foi realizado no município de Iranduba ($3^{\circ}06'41''$ S e $60^{\circ}18'59''$ O), na margem direita do rio Negro, Estado do Amazonas-Brasil. O local possui aproximadamente 1,840 há de mata contínua, com árvores alcançando mais de 20 metros de altura na terra firme, local onde foi conduzido o experimento. O período do experimento correspondeu ao período em que a floresta começa a passar pelo processo natural de inundação (Ferreira, 1997). A região possui uma precipitação anual média entre 2,000 e 2,200 mm (Leivas et al. 2009). A temperatura obteve uma média de 28,1°C e a umidade de 81,9% durante o período experimental. O experimento foi conduzido entre às 09:00h e 16:00h. A densidade do sub-bosque na área pode ser considerada baixa, com a visibilidade média à 23,51 ($\pm 6,18$ m). Por outro lado, a cobertura do dossel pode ser considerada elevada, atingida 17,9% de abertura. O ruído estimado do ambiente foi de – 34,98 ($\pm 13,12$ dBu, n= 05 arquivos de som de 1s com gravação do ruído ambiente analisados através do *power spectrum* gerado pelo BatSound 3.31 ©).

3.2.2 Experimento

Para a gravação das vocalizações utilizadas no experimento de propagação, foi utilizado um microfone direcional Senheiser ME66 (Sennheiser©, resposta de frequência até 20kHz), acoplado a um gravador Zoom H4NEX (ZOOM Corporation©), no formato WAV sem compressão para minimizar a perda das características físicas do som (Tu et al. 2011) e com taxa de amostragem ajustada para 48 kHz e 16 bits. As vocalizações de longa distância (*Isolation Peep - ip*) do macaco-de-cheiro foram gravadas na Mata Atlântica, entre abril e julho de 2016. As vocalizações foram gravadas desde que os indivíduos estivessem a, no máximo, 10 m de distância do microfone e dentro do mesmo contexto comportamental (i.e. quando o emissor da vocalização estava fora do alcance visual aparente do restante grupo ou de algum indivíduo específico do grupo). Não foi possível identificar o sexo dos indivíduos que produziram as vocalizações, mas apenas vocalizações de adultos foram consideradas. Vocalizações de pelo menos cinco adultos diferentes foram usadas. Os exemplares da vocalização de alimentação do macaco-prego da Caatinga (*huh*) foram gravados a partir de animais cativos no CETAS Tangará (Centro de Triagem de Animais Silvestres de

Pernambuco) em dezembro de 2016. Elas foram emitidas mediante a oferta prévia de algum tipo de alimento e foram gravadas distando o microfone à um metro de cada indivíduo (Vocalizações de quatro animais foram consideradas). As vocalizações de longa distância do macaco-prego-galego (*lost call – lc*) e do sagui-de-tufo-branco (*phee*) foram obtidas do acervo acústico do Laboratório de Etologia da UFPE (Gravações obtidas em campo por Bastos e Medeiros em ambiente natural com uma distância de até 5m dos animais. Pelo menos 5 animais de cada espécie contribuíram com vocalizações que foram reproduzidas artificialmente no nosso experimento). Foram selecionados 10 exemplares da vocalização de cada espécie, perfazendo um total de 40 arquivos de sons utilizados nos experimentos.

As vocalizações foram reproduzidas artificialmente através de um Ipod (Apple®) acoplado a um autofalante portátil SME-AFS (Amplified Field Speaker -Saul Mineroff Eletronics, Inc, resposta de freqüência: 10-12 kHz ± 2 dB). As vocalizações reproduzidas foram regravadas em cinco diferentes distâncias (i.e., 2, 4, 8, 16 e 32 m do autofalante) em três transectos dentro de cada bioma considerado. Para as regravações, foi usados um microfone direcional Senheiser ME66 acoplado a um gravador Zoom H4NEX (ZOOM Corporation©), com as mesmas taxas de amostragem especificadas acima. A pressão sonora das vocalizações propagadas artificialmente foi medida com o auxílio de um decibelímetro (modelo JTS-1357, Digital Sound Level Meter). Para a reprodução dos áudios, todos os equipamentos foram posicionados a dois metros de altura em relação ao chão com o auxílio de um tripé. As repetições foram feitas em três transectos separados por, pelo menos, 100 m em cada bioma.

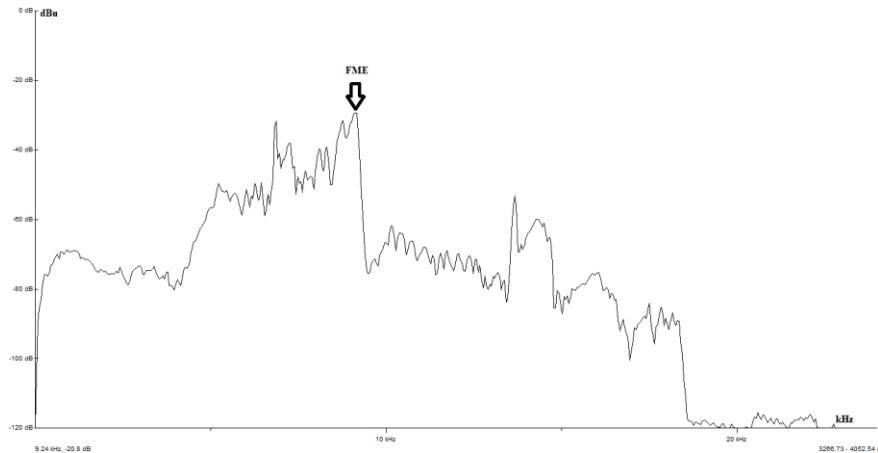
Visando caracterizar os diferentes biomas, algumas variáveis abióticas foram coletadas nas áreas amostradas e detalhadas no tópico acima sobre o detalhamento das áreas de estudo. A temperatura e umidade do ar foram obtidos em diferentes horas do dia, utilizando um termo-higrômetro Minipa MT-241 (© 2016 - Minipa do Brasil Ltda), a fim de produzir um valor médio para cada bioma. O método do vizinho mais próximo (Clark e Evans 1954) foi utilizado para verificar a densidade da vegetação. Foram estabelecidos três quadrantes com 2,5 m x 2,5 m (6.25m²), no início, meio e final do transecto. Dentro destes, todas as árvores com diâmetro da altura do peito (DAP) ≥ 5 cm foram medidas, e a distância entre os indivíduos mais próximos também foi coletada. A densidade do sub-bosque foi mensurada através da verificação da distância em que o observador (parado no ponto 0 m) consegue visualizar um cartão de cor laranja (18 cm x 12 cm) posicionado na altura do peito do segundo pesquisador dentro do transecto (adaptado de Barlow et al. 2002 e McInyre 1995). A

cobertura de dossel foi estimada através da contagem dos pixels de imagens obtidas pela câmera Sony α37 (SLT – A37k) (©2012 Sony Corporation) com uma lente Zoom Padrão SAL-1855, com 16.1 megapixels. Foram tomadas três fotografias consecutivas em cada quadrante (total de nove fotos por transecto), posicionando a câmera a um metro do chão. As imagens foram posteriormente editadas para o modo ‘olho de peixe’ pelo programa Photoscape X Pro e em seguida analisadas pelo programa *Gap Light Analyzer* (GLA), utilizando um limiar padrão equivalente a 128. As imagens também foram configuradas de acordo com a declinação magnética da terra no *Magnetic Declination Calculator 1.0* (disponível em <http://geomag.nrcan.gc.ca/calc/mdcal-en.php>), calculada através da coordenada geográfica dos transectos, e da altitude local.

3.2.3 Análise de dados

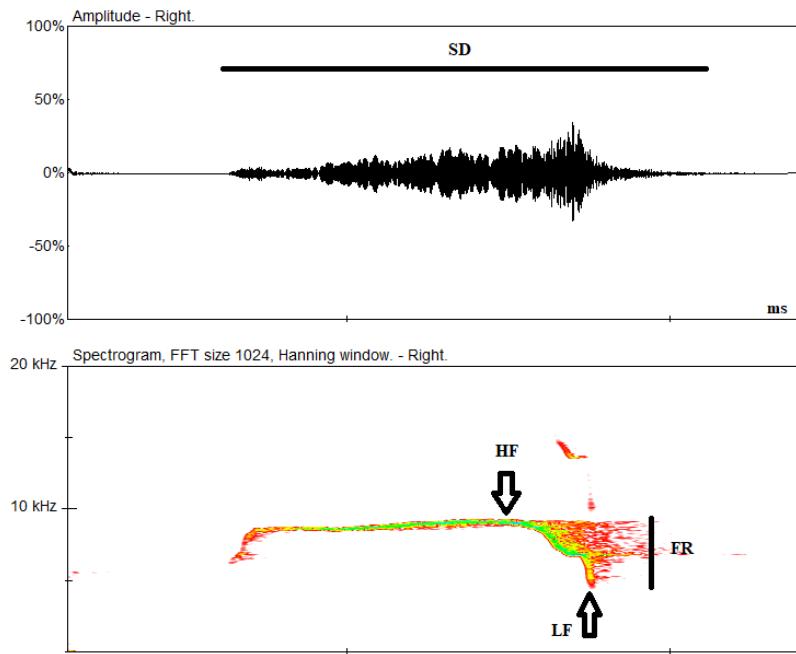
As regravações das vocalizações a cada distância foram inspecionadas através do programa BatSound 3.31© para criação de espectrogramas e consequente extração dos seus parâmetros acústicos. Os espectrogramas foram inspecionados para obtenção manual dos seguintes parâmetros acústicos das vocalizações: frequência de máxima energia (FME, determinada a partir do espectro de potência) (Figura 1), a frequência mais alta (HF), a frequência mais baixa (LF), amplitude da vocalização (FR), que consiste na diferença entre a HF e a LF, e o tempo de duração da vocalização (SD), determinada a partir da combinação entre o espectrograma e o oscilograma (Figura 2). No caso da duração da sílaba é importante ressaltar que a medida foi feita através da visualização no espectrograma e não exclusivamente pela audição da chamada.

Figura 1: Frequência de máxima energia (FME) da vocalização de longa distância (*ip*) do macaco-de-cheiro.



Fonte: O Autor (2017)

Figura 2: Oscilograma e espectrograma analisado para obter a duração da sílaba (SD), a frequência mais alta (HF), frequência mais baixa (LF) e a amplitude da frequência (FR) da vocalização de longa distância (*ip*) do macaco-de-cheiro.



Fonte: O Autor (2017)

Todas as medidas foram coletadas a partir da harmônica fundamental das vocalizações (Speaks 2005) pré-estabelecida para cada uma das 10 réplicas por espécie. Os dados de frequência foram obtidos em kHz e de duração em milissegundos. As medidas acústicas foram obtidas ajustando a configuração do espectrograma para tamanho FFT = 1024, limiar = 15, janela FFT = window, 2000 m/s por parcela, e o mapeamento de cores de amplitude = vermelho, verde e azul.

Os valores referentes ao ruído do ambiente apresentados na descrição dos biomas foram retirados dos valores referentes aos decibéis evidenciados no espectro de força do BatSound 3.31®, através da seleção de cinco trechos de hum segundo das gravações feitas em cada bioma.

3.2.4 Análise estatística

Apesar de considerar cinco distâncias para as regravações das vocalizações das diferentes espécies nos diferentes biomas, optamos por usar apenas quatro distâncias de regravação em nossas análises. Consideramos até a distância de regravação 16 m. As vocalizações do macaco-de-cheiro e do sagui-de-tufo-branco se degradaram por completo a 32 m de distância na maioria das regravações, sendo impossível extrair os parâmetros físicos das vocalizações regravadas esta distância. As vocalizações dos macacos-prego tiveram a maioria de suas vocalizações preservadas a 32 m de distância.

A porcentagem de perda de cada parâmetro acústico foi calculada através da comparação entre os valores médios dos parâmetros extraídos das gravações originais utilizadas nos playbacks e das regravações feitas a 16 m para cada espécie e bioma. Para identificar a porcentagem de perda dos parâmetros do som nas vocalizações das espécies entre a distância de 2 m e 16 m em cada bioma, foi utilizado o teste pareado de Wilcoxon. O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para identificar se a porcentagem de perda das vocalizações dentro de cada bioma foi diferente entre as espécies estudadas. Para verificar se a porcentagem de perda dos parâmetros acústicos para cada espécie era diferente entre os biomas, foi utilizado o teste de Friedman. Os dados foram analisados através do software SPSS versão 22.0. A significância estatística usada foi $p < 0,05$.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Porcentagem de perda das variáveis acústicas a 16 m de propagação em cada bioma

A porcentagem de perda dos parâmetros físicos das vocalizações entre 2 e 16 m de distância de propagação nos três biomas foi mais expressiva para a variável FR, seguido pela SD, LF, HF e FME (Tabela 1, figuras 3 e 4). De maneira geral, em termos de porcentagem, a

Amazônia teve a menor perda nos parâmetros acústicos, enquanto na Mata atlântica foram observadas as maiores perdas (Tabela 2. Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

Tabela 2: Porcentagem geral de perda dos parâmetros acústicos das vocalizações das quatro espécies nos três biomas considerados no presente estudo. FME (Frequência de máxima energia), HF (Frequência mais alta), LF (Frequência mais baixa), FR (Amplitude de frequência), SD (duração de sílaba).

Biomas	Porcentagem de perda dos parâmetros físicos das vocalizações				
	FME	HF	LF	FR	SD
Mata Atlântica	5.27 (± 7.84)	5.86 (± 5.53)	12.82 (± 4.78)	51.77 (± 5.77)	49.13 (± 4.89)
Caatinga	4.40 (± 5.31)	5.20 (± 5.00)	10.60 (± 4.72)	43.58 (± 6.38)	40.75 (± 4.54)
Amazônia	5.72 (± 4.60)	4.94 (± 3.48)	8.50 (± 2.43)	32.12 (± 5.27)	29.43 (± 9.49)

Fonte: O Autor (2017).

Em relação à pressão sonora, as chamadas de frequência mais baixa tiveram uma perda pressão um pouco menor que o previsto pela lei do quadrado-inverso ($< 6 \text{ dB}$) entre as distâncias, sendo mais intensa na primeira distância de propagação. Houve uma média de perda abaixo dos 18 dBs esperados nos três biomas para a distância (*lc*: $12 \pm 5 \text{ dBs}$; *huh*: $11,33 \pm 6,11 \text{ dB}$). As vocalizações do macaco-de-cheiro e sagui-de-tufo-branco chegaram a ter até perdas maiores que 6 dBs entre as distâncias dobradas. A vocalização *phee* obteve uma média de perda um pouco acima ($20 \pm 1 \text{ dB}$) e a vocalização *ip* um pouco abaixo ($15,33 \pm 4,9 \text{ dB}$) do esperado nos biomas. O bioma Caatinga teve o maior índice de perda de pressão sonora ($19 \pm 1,82 \text{ dB}$), seguida por Mata Atlântica ($13,25 \pm 3,94 \text{ dB}$) e Amazônia ($11,75 \pm 6,90 \text{ dB}$).

Em todos os biomas, a FME não apresentou diferença significativa entre 2 m e 16 m (Tabela 3, 3 e 4, figuras 3). No bioma Caatinga, os resultados foram semelhantes, exceto pela variável HF da vocalização do sagui-de-tufo-branco (Tabela 4). Ao contrário do que esperávamos, no bioma Amazônia a única vocalização que teve a maioria dos parâmetros analisados preservados (frequência alta, baixa, amplitude e duração da sílaba) foi a do macaco-prego-galego, um animal endêmico da Mata Atlântica (Tabela 5).

O valor da LF das quatro vocalizações teve um aumento para as três primeiras distâncias de propagação três biomas, o que seria indicativo de perda gradativa em tal

parâmetro acústico durante a propagação. Houve perda quase completa da maioria das regravações das vocalizações *ip* e *phee* feitas em 32 m na Mata Atlântica, e por este motivo, os valores de LF não estão expressos nos gráficos (Figura 3). De maneira geral, no bioma Amazônia houve preservação dos parâmetros acústicos durante propagação, com variações mínimas para todas as vocalizações, sendo possível observá-las no espectrograma com clareza até a última distância considerada, enquanto a Mata Atlântica foi o bioma que menos preservou tais vocalizações (Figura 3 e 4). Embora algumas vocalizações tenham sido ouvidas na última distância de regravação, nem todas podiam ser claramente visualizadas no espectrograma gerado. Logo, as vocalizações do macaco-prego- galego (Figura 5) e macaco-prego da Caatinga (

Figura 6) estão representadas até os 32 m e as do macaco-de-cheiro (

Figura 7) e sagui-de-tufo-branco (Figura 8), até os 16 m.

2.2 Tabela 3: Comparações entre parâmetros acústicos das vocalizações regravadas a 2 e 16 m de distância na Mata Atlântica. Código da espécie: 1= *Sapajus flavius*; 2= *Callithrix jacchus*; 3= *Saimiri sciureus*; 4= *Sapajus libidinosus*. DP= desvio padrão. Teste de Wilcoxon.

Parâmetros acústicos	Espécies	N	Z	Valor de <i>p</i>	Parâmetros acústicos a 2m		Parâmetros acústicos a 16m		Porcentagem de perda 16m (%)
					Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	
FME (kHz)	1	10	-0,3780	0,7055	1,5170 ± 0,1924		1,5130 ± 0,1878		0,63 ± 1,47
	2	10	-1,5770	0,1150	7,9350 ± 0,7378		7,8640 ± 0,6938		1,21 ± 2,23
	3	10	-0,5103	0,6098	8,1520 ± 2,4605		7,9080 ± 2,1424		6,35 ± 8,08
	4	10	-1,8260	0,0680	1,3210 ± 0,4261		1,1280 ± 0,2757		12,91 ± 18,46
HF (kHz)	1	10	-2,8067	0,0050	1,5480 ± 0,1967		1,4890 ± 0,1784		3,40 ± 2,88
	2	10	-2,8122	0,0049	8,0540 ± 0,7088		7,9540 ± 0,7313		1,44 ± 0,67
	3	10	-2,8030	0,0050	9,6910 ± 1,2958		8,7450 ± 2,0965		11,66 ± 12,68
	4	10	-2,8067	0,0050	1,2330 ± 0,1597		1,1610 ± 0,1473		6,93 ± 1,77
LF (kHz)	1	10	-2,8067	0,0050	1,1870 ± 0,1847		1,2900 ± 0,2117		11,45 ± 6,46
	2	10	-2,8030	0,0050	6,7280 ± 0,5394		7,1600 ± 0,3384		7,12 ± 5,16
	3	10	-2,4972	0,0125	6,1830 ± 1,4080		7,1310 ± 1,9972		16,56 ± 14,20
	4	10	-2,8067	0,0050	0,8640 ± 0,1737		0,9830 ± 0,1610		16,16 ± 13,85
FR (kHz)	1	10	-2,8122	0,0049	0,3590 ± 0,0677		0,1990 ± 0,0807		46,67 ± 20,44
	2	10	-2,8030	0,0050	1,3260 ± 0,2798		0,7950 ± 0,4829		45,01 ± 24,53
	3	10	-2,8030	0,0050	3,5050 ± 0,7952		1,6130 ± 1,1313		61,89 ± 25,97
	4	10	-2,8048	0,0050	0,3690 ± 0,1225		0,1790 ± 0,0729		53, 51 ± 13,09
SD (ms)	1	10	-2,8030	0,0050	363,3010 ± 114,4557		179,2830 ± 101,5909		48,29 ± 24,80
	2	10	-2,8030	0,0050	1323,9660 ± 309,0017		791,0670 ± 269,5746		42,86 ± 12,85
	3	10	-2,8030	0,0050	523,5990 ± 115,7180		184,7670 ± 101,3080		66,69 ± 18,15
	4	10	-2,8030	0,0050	188,26700 ± 60,8098		102,5500 ± 53,31966		38,68 ± 18, 39
Decibéis (dBs)	1	10	-2,8030	0,0050	59,0100 ± 3,0904		47,4710 ± 1,2859		
	2	10	-2,8030	0,0050	70,0470 ± 4,9438		51,8600 ± 2,2028		
	3	10	-2,8030	0,0050	61,4300 ± 3,3522		49,0230 ± 1,2880		
	4	10	-2,8030	0,0050	58,6290 ± 4,5710		48,2890 ± 0,9805		

Fonte: O Autor (2017). Negrito indica resultados significativos

2.3 Tabela 4: Comparações entre parâmetros acústicos das vocalizações regravadas a 2 e 16 m de distância na Caatinga. Código da espécie: 1= *Sapajus flavius*; 2= *Callithrix jacchus*; 3= *Saimiri sciureus*; 4= *Sapajus libidinosus*. DP = Desvio padrão. Teste de Wilcoxon.

Parâmetros acústicos	Espécies	N	Z	Valor de <i>p</i>	Parâmetros acústicos a 2m Média ± DP	Parâmetros acústicos a 16m Media ± DP	Porcentagem de perda 16m (%) Média ± DP
FME (kHz)	1	10	0.000	1.0000	1,5160 ± 0,1858	1,5160 ± 0,1909	0,23 ± 0,48
	2	10	-1,4832	0,1380	7,8120 ± 0,5802	7,7780 ± 0,5541	2,41 ± 3,35
	3	10	-1,4002	0,1614	8,0610 ± 2,3822	7,7060 ± 2,0032	12,98 ± 12,90
	4	10	-1,2888	0,1974	1,3230 ± 0,4191	1,2740 ± 0,2912	1,97 ± 5,68
HF (kHz)	1	10	-2,8103	0,0049	1,5670 ± 0,1947	1,5120 ± 0,1831	1,99 ± 1,51
	2	10	-0,4153	0,6778	7,9480 ± 0,5982	7,9850 ± 0,6831	1,09 ± 0,52
	3	10	-2,8030	0,0050	9,7200 ± 1,3082	6,7630 ± 1,9872	9,98 ± 11,46
	4	10	-2,8067	0,0050	1,2320 ± 0,1591	1,1530 ± 0,1604	7,73 ± 2,97
LF (kHz)	1	10	-2,8048	0,0050	1,1490 ± 0,1933	1,2320 ± 0,1963	7,42 ± 6,67
	2	10	-2,8048	0,0050	6,6730 ± 0,5548	7,0720 ± 0,3857	5,73 ± 3,91
	3	10	-2,0909	0,0365	6,1530 ± 1,4261	6,7630 ± 1,8931	10,17 ± 9,16
	4	10	-2,6655	0,0076	0,8380 ± 0,1393	1,0060 ± 0,1643	19,09 ± 15,00
FR (kHz)	1	10	-2,8067	0,0050	0,4170 ± 0,0783	0,2800 ± 0,0774	27,33 ± 14,93
	2	10	-2,3953	0,0166	1,2760 ± 0,2178	0,9130 ± 0,3973	35,34 ± 18,18
	3	10	-2,8030	0,0050	3,5670 ± 0,8600	2,1350 ± 1,1622	48,64 ± 25,84
	4	10	-2,8048	0,0050	0,3940 ± 0,1215	0,1470 ± 0,1470	63,00 ± 10,76
SD (ms)	1	10	-2,8030	0,0050	356,5000 ± 94,4899	261,8330 ± 109,9809	25,35 ± 17,99
	2	10	-2,8030	0,0050	1367,4000 ± 322,3208	878,7350 ± 342,9521	37,25 ± 16,57
	3	10	-2,8030	0,0050	553,6000 ± 112,8377	217,3330 ± 119,3359	60,34 ± 23,43
	4	10	-2,8030	0,0050	189,0330 ± 63,1392	101,4340 ± 53,8662	40,08 ± 12,44
Decibéis (dBs)	1	10	-2,8030	0,0050	70,0360 ± 2,8945	53,5170 ± 3,531091	
	2	10	-2,8030	0,0050	83,8730 ± 2,7886	63,1030 ± 4,167680	
	3	10	-2,8030	0,0050	75,1500 ± 3,7560	54,1950 ± 4,081204	
	4	10	-2,8030	0,0050	69,3230 ± 5,5658	51,6870 ± 5,00646	

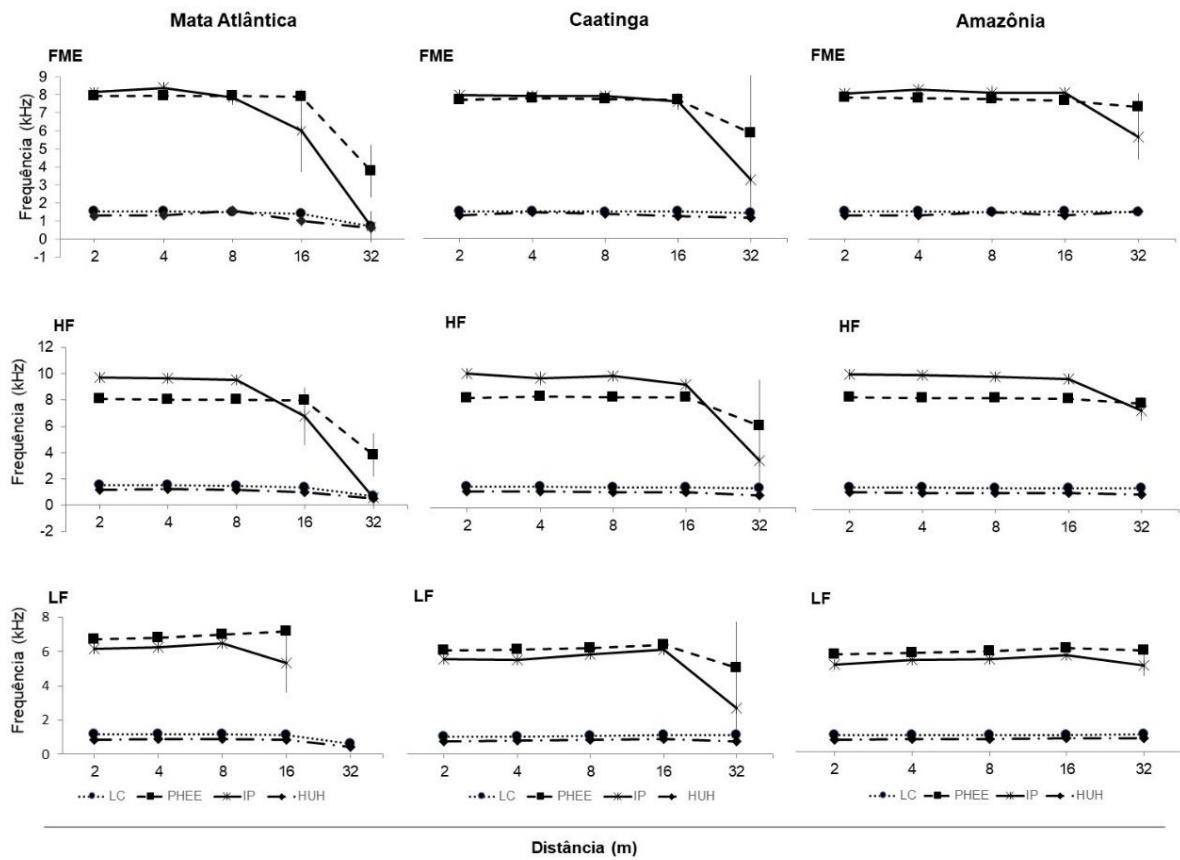
Fonte: O Autor (2017). Negrito indica resultados significativos

Tabela 5: Comparações entre parâmetros acústicos das vocalizações regravadas a 2 e 16 m de distância na Amazônia. Código da espécie: 1= *Sapajus flavius*; 2= *Callithrix jacchus*; 3= *Saimiri sciureus*; 4= *Sapajus libidinosus*. DP = Desvio padrão. Teste de Wilcoxon.

Parâmetros acústicos	Espécies	N	Z	Valor de <i>p</i>	Parâmetros acústicos a 2m		Parâmetros acústicos a 16m Média ± DP	Porcentagem de perda 16m (%) Média ± DP
					Média ± DP	Media ± DP		
FME (kHz)	1	10	-0,5614	0,574464	1,5170 ± 0,1921	1,4660 ± 0,2272	10,35 ± 10,67	
	2	10	-1,8593	0,062979	7,9370 ± 0,7471	7,7920 ± 0,5974	2,01 ± 2,21	
	3	10	-0,1019	0,918760	8,1930 ± 2,4847	8,2310 ± 1,8647	10,41 ± 6,36	
	4	10	-1,0000	0,317311	1,3180 ± 0,4172	1,3150 ± 0,4083	0,11 ± 0,35	
HF (kHz)	1	10	-0,2549	0,7987	1,5570 ± 0,1943	1,5350 ± 0,1909	9,96 ± 8,37	
	2	10	-2,7011	0,0069	8,0720 ± 0,7168	7,9870 ± 0,7308	1,07 ± 0,47	
	3	10	-2,8048	0,0050	9,7420 ± 1,3125	9,4160 ± 1,5462	4,21 ± 5,94	
	4	10	-2,5329	0,0113	1,2410 ± 0,1643	1,1930 ± 0,1622	4,50 ± 2,75	
LF (kHz)	1	10	-0,9683	0,3328	1,1480 ± 0,1964	1,1710 ± 0,1913	10,11 ± 8,16	
	2	10	-2,8048	0,0050	6,6640 ± 0,5532	7,0800 ± 0,3377	5,95 ± 5,34	
	3	10	-2,8030	0,0050	5,9750 ± 1,4553	6,6190 ± 1,6191	8,35 ± 6,61	
	4	10	-2,5298	0,0114	0,8490 ± 0,1580	0,9270 ± 0,1541	9,61 ± 10,98	
FR(kHz)	1	10	-0,3557	0,7220	2,7250 ± 0,3755	2,7070 ± 0,3754	31,51 ± 26,89	
	2	10	-2,8030	0,0050	1,4080 ± 0,8485	0,9060 ± 0,4758	36,24 ± 24,81	
	3	10	-2,8030	0,0050	3,7660 ± 2,6383	2,7980 ± 0,7139	30,03 ± 19,56	
	4	10	-2,8067	0,0050	0,3920 ± 0,1242	0,2660 ± 0,0907	30,71 ± 15,20	
SD (ms)	1	10	-1,2741	0,2026	384,0340 ± 106,5580	321,2010 ± 107,3176	45,69 ± 30,06	
	2	10	-2,8030	0,0050	1379,6680 ± 324,4712	1090,2000 ± 266,9810	20,92 ± 9,97	
	3	10	-2,5992	0,0093	533,2920 ± 115,4251	347,0340 ± 127,2281	37,97 ± 18,66	
	4	10	-2,8048	0,0050	190,8330 ± 58,6137	146,3990 ± 53,8996	13,13 ± 10,11	
Decibéis (dBs)	1	10	-2,8030	0,0050	64,8730 ± 2,9334	57,5380 ± 1,9231		
	2	10	-2,8030	0,0050	77,2270 ± 3,9519	56,8920 ± 6,8535		
	3	10	-2,8030	0,0050	68,5870 ± 5,7056	55,1580 ± 2,3409		
	4	10	-2,7011	0,0069	63,0170 ± 5,1773	57,2370 ± 2,0942		

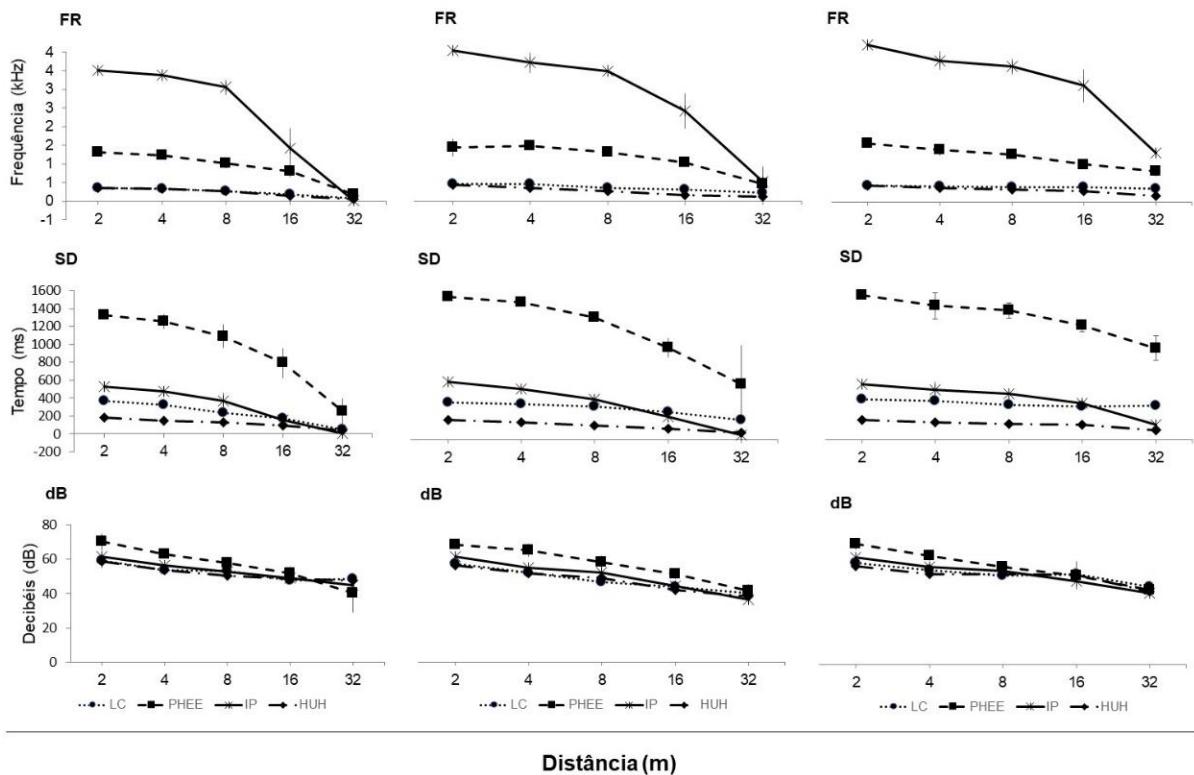
Fonte: O Autor (2017). Negrito indica resultados significativos

Figura 3: Degradação das vocalizações do macaco-prego-galego (*lc*), sagui-de-tufo-branco (*phee*), macaco-de-cheiro (*ip*) e macaco-prego-da-caatinga (*huh*) com base nos parâmetros acústicos seguintes: FME (Frequência de máxima energia), HF (frequência mais alta) e LF (frequência mais baixa) nos biomas Mata Atlântica, Caatinga e Amazônia.



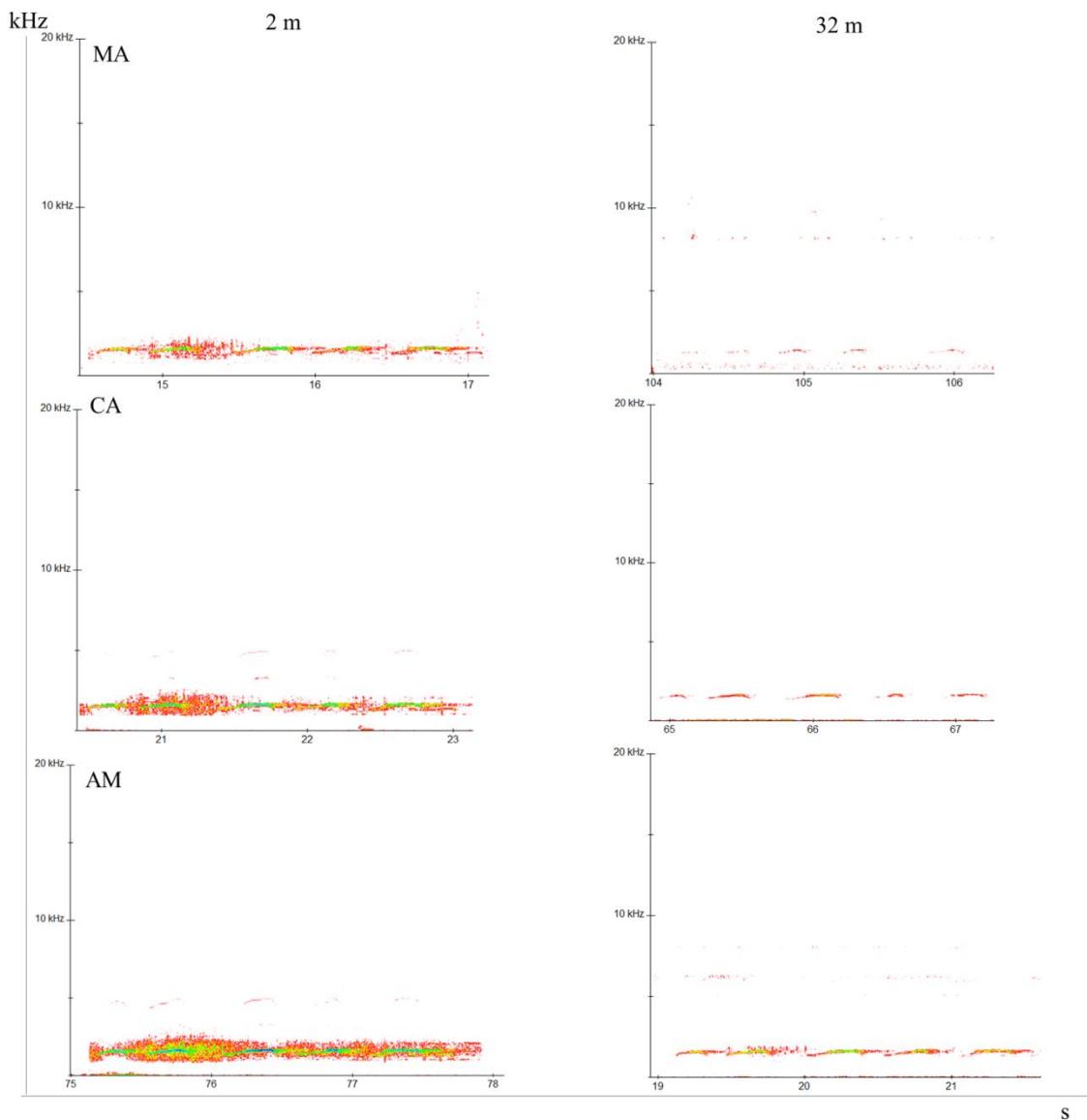
Fonte: O Autor (2017)

Figura 4: Degradação das vocalizações do macaco-prego-galego (lc), sagui-de-tufo-branco (phee), macaco-de-cheiro (ip) e macaco-prego-da-caatinga (huuh) com base nos parâmetros acústicos seguintes: FR (amplitude), SD (duração da sílaba) e dB (decibéis) nos biomas Mata Atlântica, Caatinga e Amazônia.



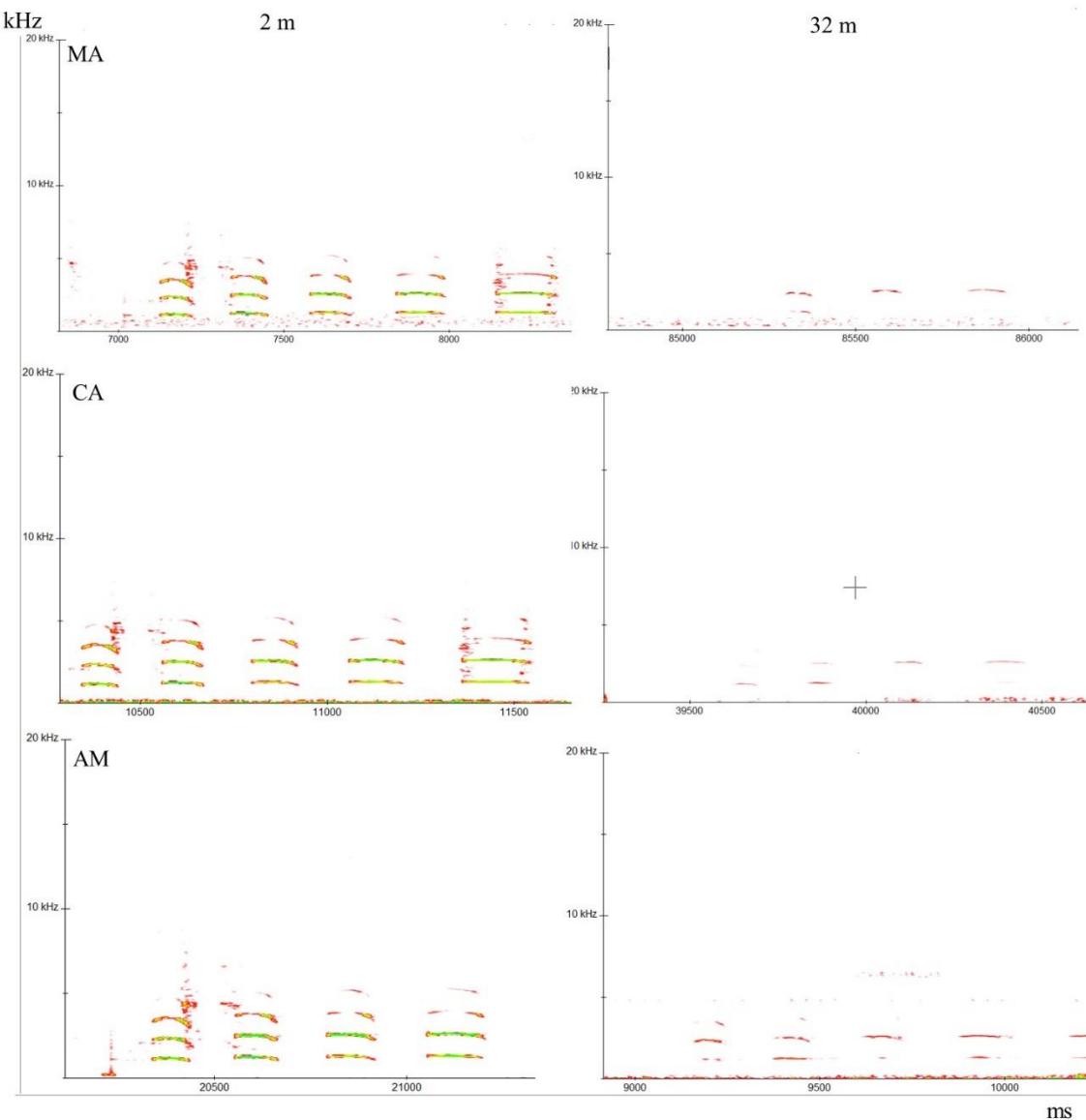
Fonte: O Autor (2017)

Figura 5: Espectrogramas ilustrando a perda dos parâmetros acústicos de parte da vocalização do macaco-prego-galego (vocalização *lost call*) entre as distâncias de regravação 2 m e 32 m nos biomas Mata Atlântica (MA), Caatinga (CA) e Amazônia (AM).



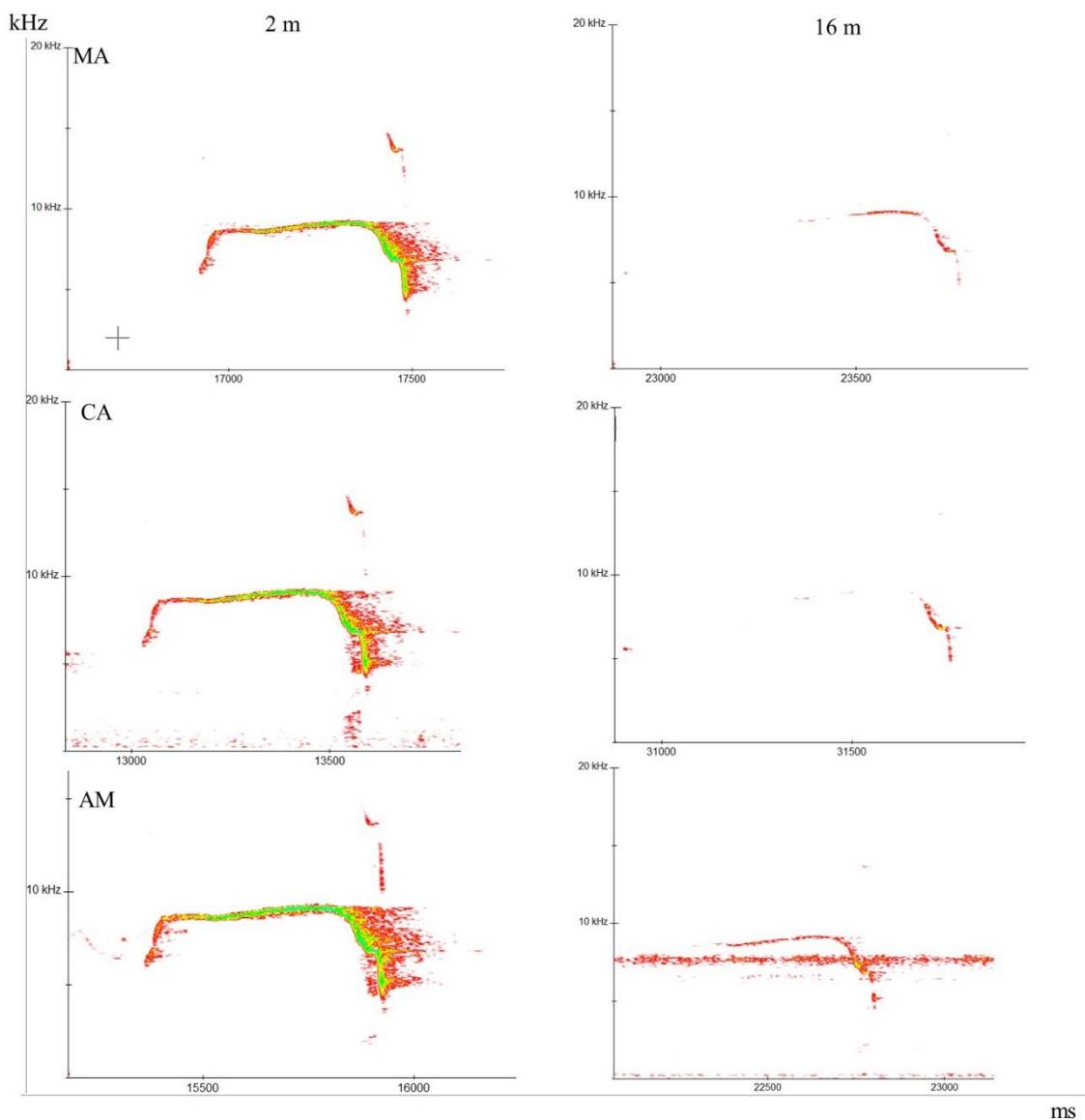
Fonte: O Autor (2017)

Figura 6: Espectrogramas ilustrando a perda dos parâmetros acústicos da vocalização do macaco-prego (Vocalização *huh*) entre as distâncias de regravação 2 m e 32 m nos biomas Mata Atlântica (MA), Caatinga (CA) e Amazônia (AM).



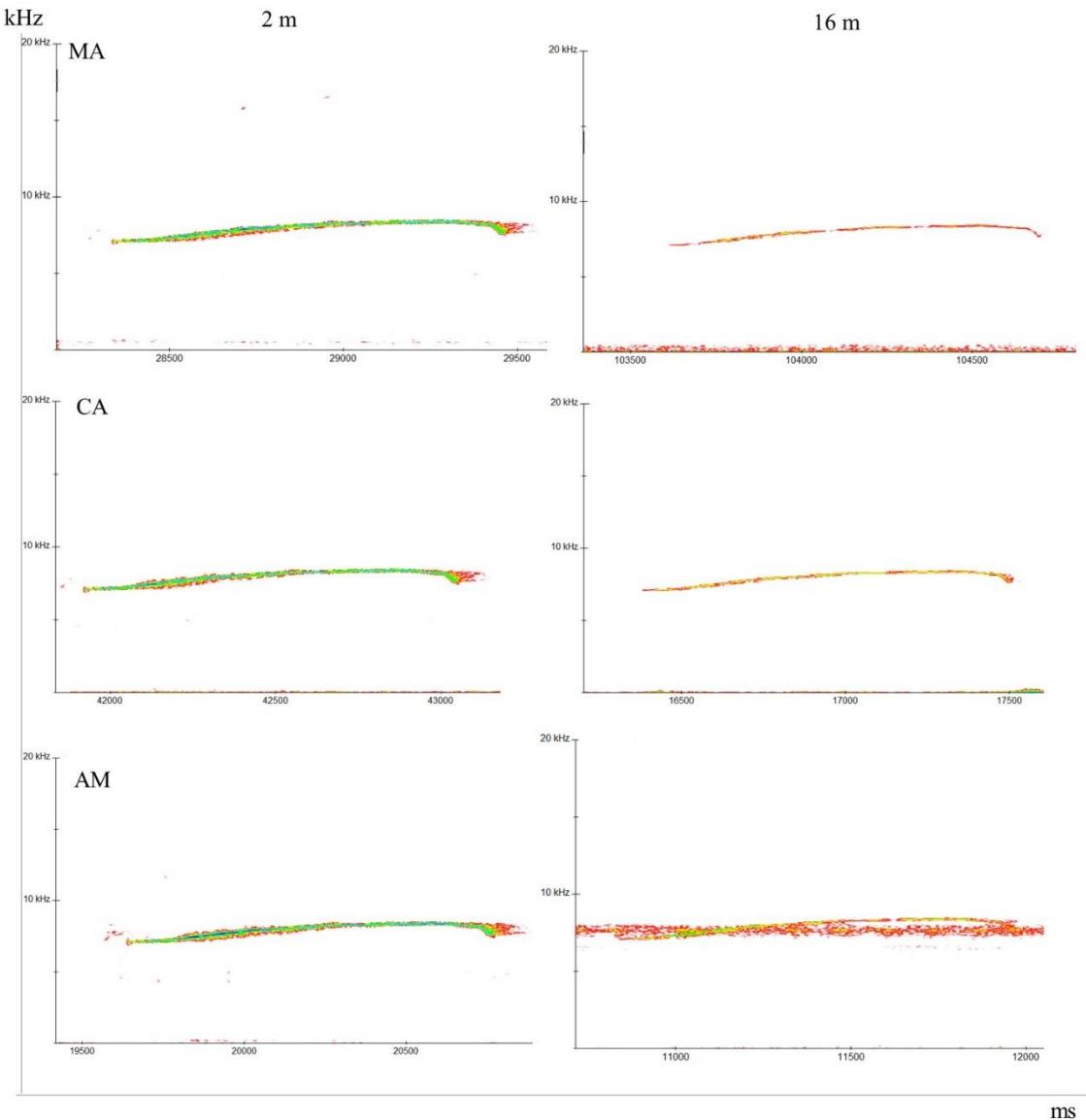
Fonte: O Autor (2017)

Figura 7: Espectrogramas ilustrando a perda dos parâmetros acústicos da vocalização do macaco-de-cheiro (vocalização *ip*) entre as distâncias de regravação 2 m e 16 m nos biomas Mata Atlântica (MA), Caatinga (CA) e Amazônia (AM).



Fonte: O Autor (2017)

Figura 8: Espectrogramas ilustrando a perda dos parâmetros acústicos da vocalização do sagui-de-tufo-branco (vocalização *phee*) entre as distâncias de regravação 2 m e 16 m nos biomas Mata Atlântica (MA), Caatinga (CA) e Amazônia (AM).



Fonte: O Autor (2017)

3.3.2 Porcentagem de perda das variáveis acústicas: comparação entre biomas

As vocalizações das espécies consideradas no presente estudo degradaram de maneira diferente quando comparadas entre os três biomas (Tabela 5). A vocalização do macaco-prego-da-caatinga apresentou diferença significativa em todos os parâmetros observados, com exceção da FME, no que diz respeito a propagação nos diferentes biomas (Tabela 5).

Constatamos que as vocalizações do macaco-prego-galego não apresentaram diferença significativa apenas para a variável LF entre os biomas (Tabela 5).

A propagação da vocalização do macaco-de-cheiro teve diferença significativa na porcentagem de perda para os parâmetros LF, FR e SD entre os diferentes biomas (Tabela 6). Ao contrário do esperado, as vocalizações do sagui-de-tufo-branco tiveram um desempenho aparente mais eficiente no bioma Amazônia, em termos de redução de perda de características físicas, quando observado a mesma vocalização nos biomas Caatinga e Mata Atlântica (Figura 4), embora só tenha sido significativo para a variável acústica SD entre os três biomas (Tabela 5)

Tabela 6: Teste de Friedman comparando as porcentagens de perda dos parâmetros acústicos das vocalizações das quatro espécies considerada no presente estudo. N = 10, gl= 2.

Comparação entre Mata Atlântica, Caatinga e Amazônia				
Variável	Macaco-prego-galego	Sagui-de-tufo-branco	Macaco-de-cheiro	Macaco-prego-da-caatinga
acústica	$\alpha_2 (p)$			
HF	9,556 (0,008)	3,389 (0,184)	3,297 (0,192)	9,438 (0,009)
LF	1,8 (0,407)	4,667 (0,097)	6,684 (0,035)	15,943 (0,000)
FR	12,462 (0,002)	5,4 (0,067)	11,4 (0,003)	16,595 (0,000)
SD	8,6 (0,014)	14,6 (0,001)	15,2 (0,001)	12,6 (0,002)
FME	11,267 (0,004)	1,235 (0,539)	1,235 (0,539)	5,765 (0,056)

Fonte: O Autor (2017). Negrito indica resultado significativo

3.3.3 Porcentagem de perda das variáveis acústicas: comparação entre espécies

Quando comparadas as porcentagens de perda dos parâmetros acústicos das vocalizações entre as diferentes espécies em cada bioma, verificamos diferenças significativas nas variáveis HF, SD e FME. Contudo, as porcentagens de perda das variáveis FR e LF obtiveram diferença significativa apenas no bioma Caatinga entre as espécies (Tabela 7).

Tabela 7: Teste de Kruskal-Wallis comparando as porcentagens de perda dos parâmetros acústicos entre as quatro espécies consideradas no presente estudo, em cada bioma. N = 40, gl = 3.

Parâmetro Acústico	Comparação entre macaco-prego-galego, macaco-prego-da- caatinga, macaco-de-cheiro e sagui-de-tufo-branco		
	Mata Atlântica	Caatinga	Amazônia
H (p)			
HF	17,617 (0,001)	23,71 (0,00)	12,734 (0,005)
LF	3,438 (0,329)	8,962 (0,03)	1,426 (0,699)
FR	3,337 (0,343)	14,434 (0,002)	0,698 (0,874)
SD	11,157 (0,011)	14,504 (0,002)	17,403 (0,001)
FME	23,718 (0,00)	16,251 (0,001)	8,671 (0,034)

Fonte: O Autor (2017). Negrito indica resultado significativo

3.4 DISCUSSÃO

Os parâmetros acústicos das vocalizações propagadas no nosso experimento sofreram degradação clara com o aumento da distância, com maior perda ocorrendo para os parâmetros SD para o sagui-de-tufo-branco, FR e SD para o macaco-prego-galego, LF, FR, e SD para o macaco-de-cheiro, e HF, LF, FR, e SD para o macaco-prego da Caatinga. Esse padrão de degradação seria esperado e inclusive foi evidenciado em outras espécies de primatas neotropicais. Por exemplo, em experimentos de propagação de sinais acústicos do *Cacajao melanocephalus*, uacari-de-costas-douradas, na Amazônia foi observado a degradação através da redução da duração da sílaba, amplitude de frequência e a pressão sonora dos 10 m aos 80 m de regravação (Bezerra et al. 2012), assim como para as quatro espécies estudadas neste trabalho. Os parâmetros HF e LF das chamadas de longa distância de *Leontopithecus rosalia* evidenciaram a degradação das vocalizações à 80 m de distância da fonte sonora (Sabatini e Ruiz-Miranda 2008). A variável acústica LF no nosso estudo também sofreu uma atenuação esperada ao longo das distâncias, com exceção da distância 16 m na Mata Atlântica. Por outro lado, do que era esperado, a frequência de máxima energia e a frequência mais alta das vocalizações passaram a ser degradadas nos biomas Amazônia e Caatinga a partir dos 16 m e no bioma Mata Atlântica a partir dos 8 m. Esta perda de informações ao longo das distâncias

acontece quando o som é atenuado a nível do ruído de fundo, sendo difícil diferenciá-los ainda que seja possível identificar a estrutura da vocalização (Richards e Wiley 1980). Partindo do princípio que a FME não teve perda expressiva, nossos resultados reforçam a função deste parâmetro acústico como confiável para carregar informações na mensagem propagada através de vocalizações em longas distâncias (Maciej et al. 2011, Bezerra et al. 2012).

No nosso estudo, a duração da sílaba apresentou diferença significativa entre duas distâncias, porém teve uma perda gradual a cada ponto de regravação das vocalizações. A duração da chamada também foi considerada como sendo um parâmetro confiável para transmissão de informação em chamadas propagadas em curtas distâncias (Maciej et al. 2011), e para a atribuição correta das chamadas individuais (Lameira e Wich 2008). Entretanto, os parâmetros acústicos de domínio temporal, como a duração do pulso, dependem da atenuação sofrida pelo som (Waser e Brown 1986). Logo, os habitats mais densos tornam propício o aumento no nível de reverberação e absorção do som, quando comparado com os habitats abertos, o que não necessariamente seja prejudicial para a finalidade das vocalizações (Slabbekoorn et al. 2002). Assim também, a atenuação é influenciada pela distância entre o indivíduo fonte e receptor e pela frequência e duração da chamada (Waser e Brown 1986). A reprodução de chamadas mais longas é mais eficaz para obter respostas e pode ser benéfica para a defesa de território ou atração de parceiros sexuais, como observado para uma ave africana (*Hylia prasina*) (Slabbekoorn et al. 2002). Também foi observada a produção de chamadas com maior duração por fêmeas de babuínos em grupos distintos, cuja necessidade era minimizar as limitações de propagação de som nos ambiente mais densos (Ey et al. 2009, Bolt e Tennenhouse 2017).

As diferenças de perda dos parâmetros das vocalizações das espécies aqui estudadas não necessariamente indicam uma maior ou menor eficiência na comunicação desses animais. Lameira e Wich (2008), por exemplo, não encontraram diferença significativa em alguns parâmetros ao longo das distâncias propagadas, embora elas tenham variado. Sabendo que os sons não se propagam igualmente em todos os habitats (Bradbury & Vehrencamp 1998), as vocalizações devem evoluir de modo a se propagarem a determinada distância sem necessariamente ser a distância mais longa (Richards e Wiley 1980). Espera-se que a área de alcance das vocalizações esteja associada ao tamanho do território dos indivíduos (Naguib e Wiley 2001). Os saguis-de-tufo-branco apresentam uma área de vida que pode chegar à 6,5 ha (Rowe 1996), portanto, as suas vocalizações de longa distância com frequências altas apenas

precisariam preservar características que permitissem comunicação em torno dessa distância. No caso dos macacos pregos, a longas distâncias usualmente percorridas por animais desse gênero (e.g. 179 ha, Valença Montenegro 2011) exigem que vocalizações que tenham capacidade de viajar longas distâncias para transmitir informações de maneira eficiente. O fato das vocalizações de longa distância desses animais já apresentarem frequências mais baixas (i.e. preservam as características físicas em distâncias maiores) mostra o poder de adaptação de propagação das vocalizações na área de vida usual de espécies do gênero. No caso do macaco de cheiro, o tamanho da área de vida (e.g. 130 ha, Baldwin e Baldwin 1981) não difere tanto a área de vida dos macacos-prego, embora as características dessas vocalizações sejam bastante distintas. Embora a vocalização do macaco-de-cheiro tenha sido mais degradada em todos os biomas, os parâmetros acústicos que a constituem estão de acordo com seu tamanho corporal (intermediário, entre as outras três espécies estudadas) e com seu padrão comportamental (McCombe e Semple 2005). Dessa forma, não só tamanho de área, mas também tamanho corporal, podem exercer um papel na determinação de frequências das vocalizações nos primatas.

A perda do nível de pressão sonora (decibéis) seguindo a lei do quadrado inverso foi evidenciada neste trabalho ao longo da propagação das vocalizações a cada distância dobrada (Peterson e Gross 1967). Waser e Waser (1977) utilizaram a vocalização de quatro espécies de primatas do velho mundo e constataram que esta perda está relacionada com a temperatura e umidade do ambiente, bem como, de maneira diretamente proporcional, a frequência da vocalização. As flutuações na atenuação do som medidas através da perda da pressão sonora foi constatada por Waser e Waser (1977) e Bezerra et al. (2012). As flutuações foram menos evidentes nas vocalizações de frequências mais baixas, como observado neste trabalho, embora as frequências das vocalizações dos primatas estudados por eles se compararam apenas as vocalizações dos macacos-prego-galego e macacos-prego em termos de faixa de frequência.

As diferenças dos parâmetros acústicos “frequência mais alta” e “duração de sílaba” encontradas entre os biomas e com perdas mais significativas na Mata Atlântica, podem ser um resultado de perturbações antrópicas que resultam em produção de ruídos. Na Mata Atlântica, a maior parte do fragmento está sujeito a uma condição de borda, comumente encontrada em áreas fragmentadas e antropizadas (Mockford et al. 2011). Nesses ambientes de maneira geral, incluindo a área do nosso estudo, é constante o ruído artificial resultante da ação humana como, por exemplo, ruído provocado pelo tráfego de carros e caminhões em

uma rodovia próxima (< 50 m de distância) e por sons provenientes das casas de moradores locais (vozes e música alta, por exemplo) (Mockford et al. 2011, Campelo obs. pes.). Nos biomas Caatinga e na Amazônia onde realizamos o nosso experimento especificamente, as áreas estavam consideravelmente distantes de qualquer centro urbano que pudessem provocar ruídos artificiais adicionais ao ambiente ao ponto de atenuar, interromper ou comprometer o experimento. Dessa forma, o nível do ruído antrópico e a sua interferência na propagação do som pode ter tido um papel importante na propagação das vocalizações nos diferentes biomas durante nosso experimento. O nível ruído natural do ambiente pode variar ao longo do dia, dependendo do horário de atividades de aves e insetos e também das estações climáticas (seca ou chuvosa). Richards e Wiley (1980) constataram ainda a interferência de ventos leves (<10 km/h) na flutuação da amplitude das vocalizações. A variável “hora específica do dia” não foi considerada neste trabalho, tornando, portanto, inviável prever como o horário influencia a propagação das vocalizações das espécies alvo nos diferentes biomas. Entretanto, é sabido que a disputa pelo espaço acústico pode fazer com que os primatas busquem adaptar as suas vocalizações de modo a mitigar o grau de interferência do ruído através da diferença nas frequências ou na hora do dia nas quais são propagadas (Waser e Waser 1977).

A altura física em que o animal se encontra durante a emissão de sinais acústicos pode influenciar na propagação desses sinais visto que o grau de absorção e reflexão do som é reconhecidamente alterado a partir da altura no qual o som está sendo propagado (Waser e Waser 1977, Morril et al. 2013). No nosso estudo, a reprodução de vocalizações foi feita à 2m de altura, o que poderia representar uma limitação do mesmo. No entanto, consideramos que nossos resultados são representativos da propagação de sinais acústicos das quatro espécies-alvo deste estudo, visto que as mesmas se utilizam do estrato arbóreo na altura de 2m com relativa frequência (Souto et al. 2007, Verderane 2010, Bastos 2014, Campêlo - capítulo 1 desta dissertação). Os trabalhos sobre os repertórios vocais das espécies alvo (Winter 1966, 1972, Symmes et al. 1979; Bezerra e Souto 2008, Bezerra et al. 2009b, Bastos et al., 2015) não focaram na altura na qual as vocalizações eram emitidas pelos indivíduos e não trouxeram indicação sobre como esse parâmetro de fato influencia na emissão natural de vocalizações. Entretanto, um estudo com o primata Neotropical de pequeno porte *Leontopithecus rosalia*, mico leão-da-cara-dourada, mostra que ele utiliza todas as alturas da floresta para emitir a vocalização de longa distância, mas que essas emissões eram mais frequentes na parte superior da floresta (Sabatini e Ruiz-Miranda 2010). Ainda, caso os indivíduos estivessem nos estratos mais baixos, após iniciarem a emissão da vocalização, estes se dirigiam para o dossel

(Sabatini e Ruiz-Miranda 2010). Esse comportamento se assemelha ao de uma espécie de ave (*Turdus merula*), mas ocorrência de emissão de vocalizações em estratos mais altos parece ser para aumentar a capacidade de audição das respostas feitas à estas vocalizações e não necessariamente para aumentar a distância de propagação da vocalização inicial (Dabelsteen et al. 1993). Para efeitos de degradação dos parâmetros acústicos, Sabatini e Ruiz-Miranda (2008) constataram, no entanto, que houve diferença significativa na estrutura física de vocalizações de mico-leão-da-cara-dourada entre as distâncias de regravação, mas não necessariamente entre a altura na qual as vocalizações estariam sendo emitidas. Por outro lado, as vocalizações de babuínos, que são primatas de porte relativamente grande, quando propagadas em alturas mais baixas e em ambientes mais densos, tem seus parâmetros acústicos atenuados em menores distâncias (Maciej et al. 2011). As diferenças entre alturas chegaram a ser mais evidentes que a transmissão das vocalizações em ambientes distintos para os babuínos. Os impactos potenciais provocados pela altura na propagação de vocalizações ou na taxa de emissão natural de primatas sugere que seria interessante avaliar a eficiência da propagação e frequência de emissão natural das vocalizações das quatro espécies alvo do nosso estudo nos diferentes biomas em que ocorrem de fato. Estudos comparativos focando no efeito da altura na produção de vocalizações e em suas características físicas poderiam elucidar a relação entre uso do estrato e a eficiência na comunicação para diferentes espécies, bem como esclarecer relações de preferência de estratos pelos animais.

A propagação das vocalizações também é dependente da densidade da vegetação do local (Bullen e Fricke 1982). Isso por que a maior densidade de vegetação no sub-bosque da floresta, bem como a proximidade com o solo, aumentam a superfície refletora que distribuem de maneira distinta as ondas sonoras no ambiente (Waser e Waser 1977). No caso das nossas áreas de estudo, a maior densidade de sub-bosque foi no bioma Amazônia e a menor na Caatinga e, possivelmente a variação no grau de propagação e perda de algumas propriedades acústicas das vocalizações investigadas entre os biomas esteja relacionada também a esse fato. Apesar disso, acreditamos que o nível de ruído nos biomas pode ter influenciado mais na propagação das vocalizações do nosso estudo que a densidade da vegetação em si, como já exposto acima.

A propagação da vocalização do sagui-de-tufo-branco no nosso estudo se mostrou particularmente eficiente. Essa eficiência poderia estar relacionada à plasticidade ecológica e comportamental da espécie, que naturalmente já ocorre em dois biomas (Rylands et al. 2009), facilmente se adapta à áreas de ocorrência não-natural quando introduzidos erroneamente

(Morais et al. 2008) e são considerados robustos em termos de suportar impactos antrópicos (Ruiz-Miranda et al. 2006). Experimentos de propagação com a vocalização *phee* do sagui-de-tufo-branco em outro fragmento de Mata Atlântica (São Lourenço da Mata, Pernambuco) mostrou que a comunicação desses animais não depende unicamente das propriedades vocais dos indivíduos, mas também dos mecanismos de feedback auditivo (Morril et al. 2013). Ou seja, a eficiência da propagação parece estar relacionada com a capacidade do animal de ajustar suas vocalizações à intensidade dos ruídos no ambiente (Miller et al. 2009, Roy et al. 2011). Esta capacidade do sagui pode justificar parte da plasticidade ecológica e comportamental da espécie.

A relativa conservação de características físicas da vocalização do macaco-prego-galego na Amazônia, onde esse primata não ocorre naturalmente, poderia estar relacionada a duas possíveis razões. Primeiramente, a área da Amazônia onde foi realizado o experimento possui ocorrência de outras espécies do gênero *Sapajus* (i.e. *S. macrocephalus*) (Rocha 2016), que potencialmente possuem características físicas das vocalizações semelhantes as das vocalizações dos macacos pregos considerados no nosso estudo, ou seja, frequências abaixo de 5kHz. Vocalizações dos macacos-prego locais foram escutadas com frequência durante a realização do experimento no bioma Amazônia (Campêlo obs. pes.) e, embora não tenha sido mensurado, acreditamos que estas tenham sido emitidas como respostas dos animais locais aos nossos experimentos de playback. Dessa forma, a Amazônia também seria um local favorável para a utilização de vocalização na faixa de frequência do macaco-prego-galego. Isso mostra ainda, a potencial eficiência de vocalizações de primatas congêneres para realização de levantamentos de primatas através de playback de vocalizações em áreas de difícil acesso como sugerido por Bezerra et al. 2017. A segunda razão, poderia estar relacionada ao nível de reverberação e flutuação de amplitude comum na propagação de som na floresta (Richards e Wiley 1980). Essas distorções não são facilmente quantificáveis através do espectrograma, mas interferem no reconhecimento visual dos padrões das vocalizações. A duração deste tipo de interferência é maior em ambientes com mais folhagens e em vocalizações com frequências mais baixas (< 3 kHz) por conta do baixo nível de atenuação, comparado ao das vocalizações com frequências mais altas (Richards e Wiley 1980).

Este estudo demonstrou que, diferente do esperado, não houve uma melhor eficiência de propagação de vocalização das espécies no seu habitat de distribuição natural. A degradação, na realidade, foi mais evidente nas vocalizações de alta frequência, quando

comparadas as de baixa frequência. A vocalização *ip* foi a mais degradada entre as quatro testadas, sendo inclusive a vocalização dentre as quatro consideradas no experimento. Tal resultado seria esperado considerando que sons com frequências mais altas, tendem a perder suas características com mais intensidade quando comparadas com as de frequências mais baixas durante a propagação (Morton 1975; Martin et al. 2017). Em nível de espécies, a vocalização do sagui-de-tufo-branco (*phee*) foi a que menos variou entre os biomas, enquanto a vocalização do macaco-prego-galego (*lc*) não apresentou perda significativa dos parâmetros acústicos durante a propagação no bioma Amazônia. Essas perdas poderiam estar tanto relacionadas à área de vida como ao tamanho corporal desses animais. O parâmetro FME foi o melhor preservado durante a propagação para todas as espécies, evidenciando a potencial importância desse parâmetro acústico na transmissão de informações sobre o animal vocalizador, como sexo, idade e contexto comportamental. A perda da pressão sonora foi maior no bioma Caatinga no nosso estudo, possivelmente em função da característica mais aberta desse ambiente que permitiu uma dispersão do som mais rápido. O bioma Mata Atlântica foi onde as vocalizações apresentaram um maior percentual de perda nos parâmetros acústicos analisados de uma maneira geral, enquanto na Amazônia, os parâmetros acústicos das vocalizações foram mais preservados. Acreditamos que o grau de ruído nesses ambientes foi crucial nessa perda, visto que no fragmento de Mata Atlântica investigado, o ruído antrópico era intenso. Estudo futuros comparando a propagação de vocalizações em áreas, dentro de um mesmo bioma, com baixo e alto grau de antropização elucidariam sobre os efeitos causados pela pressão antrópica na comunicação dos animais.

REFERÊNCIAS

- Alfaro, J. W. L., Boubli, J. P., Paim, F. P., Ribas, C. C., da Silva, M. N. F., Messias, M., et al. R., (2015). Biogeography of squirrel monkeys (genus *Saimiri*): south-central Amazon origin and rapid Pan-Amazonian diversification of a lowland primate. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 82, 436-454.
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49(3), 227-266.
- Baldwin, J. D., & Baldwin, J. I. (1981). The squirrel monkeys, genus *Saimiri*. In A. F. Coimbra-Filho & R. A. Mittermeier (Eds.), *Ecology and behavioral of neotropical primates* (pp. 277-330). Academia Brasileira de Ciências, Volume 1.
- Barnett, A. A., Castilho, C. V., Shapley, R. L., & Anicácio, A. (2005). Diet, habitat selection and natural history of *Cacajao melanocephalus ouakary* in Jaú National Park, Brazil. *International Journal of Primatology*, 26(4), 949-969.
- Bastos, M. (2014). Comunicação vocal em *Sapajus flavius* na natureza. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Pernambuco.
- 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.
- Beltrão, B. A., Mascarenhas, J. C., Miranda, J. L. F., Junior, L. C. S., Galvão, M. J. T. G., & Pereira, S. N. (2005). Diagnóstico do município de Salgueiro. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Pernambuco*.
- Bezerra, B. M., & Souto, A. S. (2008). The structure and usage of the vocal repertoire of common marmosets. *International Journal of Primatology*, 29, 671–701
- Bezerra, B. M., Souto, A. S., & Jones, G. (2009). Perspectives in primate bioacoustics. In E. Potocki, J. Krasinski, (Eds.), *Primate theories, methods and research*, 1-28.
- Bezerra, B. M., Souto, A. S., Oliveira, M. A. B., & Halsey, L. G. (2009 b). Vocalisations of wild common marmosets are influenced by diurnal and ontogenetic factors. *Primates*, 50, 231–237.

Bezerra, B. M., Souto, A. S., & Jones, G. (2010). Vocal repertoire of Golden-backed Uakaris (*Cacajao melanocephalus*): gall structure and context. *International Journal of Primatology*, 31(5), 759-778

Bezerra, B. M., Souto, A. S., & Jones, G. (2012). Propagation of the loud "tchó" call of golden-backed uakaris, *Cacajao melanocephalus*, in the black-swamp forests of the upper Amazon. *Primates*, 53(4), 317-325.

Bezerra, B.M, Cäsar, C., Jerusalinsky, L., Barnett, A., Bastos, M., Souto, A., & Jones, G. (2017). Pitheciid vocal communication: what can we say about what they are saying? *Ethnobiology and Conservation*, 6, 15.

Bolt, L. M. & Tennenhouse, E. (2017). Contact calling behaviour in the male ring-tailed lemur (*Lemur catta*). *Ethology*, 123, 614– 626.

Bradbury, J. W., & Vehrenberg, S. L. (1998). *Principles of animal communication*. Canada, Synauer Associates, Inc.

Briefer, E. F. (2012). Vocal expression of emotions in mammals: mechanisms of production and evidence. *Journal of Zoology*. doi: 10.1111/j.1469-7998.2012.00920.x.

Brown, C. H. (1989). The active space of blue monkey and grey-cheeked mangabey vocalizations. *Animal Behaviour*, 37, 1023-1034.

Bullen, R., & Fricke, F. (1982). Sound propagation through vegetation. *Journal of Sound and Vibration*, 80(1), 11-23.

Clark, P. J., & Evans, F. C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 35(4), 445-453.

Corewyn, L. (2003). Ontogeny of vocal communication in nonhuman primates: a review. In J. E. Schrier (Ed.), *Laboratory Primate Newsletter* 2(1), 3-7.

Dabelsteen, T., Larsen, O. N., & Pedersen, S. B. (1993). Habitat-induced degradation of sound signals: quantifying the effects of communication sounds and bird location on blur ratio, excess attenuation, and signal-to-noise ratio in blackbird song. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 93(4), 2206-2220.

Delgado, R. A. (2006). Sexual selection in the loud calls of male primates: signal content and function. *International Journal of Primatology*, 24, 2-5.

- Ey, E., Rahn, C., Hammerschmidt, K., & Fischer, J. (2009). Wild female olive baboons adapt their grunt vocalizations to environmental conditions. *Ethology*, 115, 402-503.
- Ey, E., & Fischer, J. (2009). The "Acoustic Adaptation Hypothesis" - a review of the evidence from birds, anurans and mammals. *The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 19, 21-48.
- Ferreira, L. V., & Stohlgren, S. (1997). Effects of river level fluctuations on plant species richness, diversity, and distribution in a floodplain forest in Central Amazonia. *Oecologia*, 120, 582-587.
- Freese, C. H., & Oppenheimer, J. R. (1981). The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In A. F. Coimbra Filho, R. S. Mittermeier (Eds.), *Ecology and Behavior of Neotropical Primates* Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 331-390.
- Frey, R., Gebler, A., & Fritsch, G. (2006). Arctic roars – laryngeal anatomy and vocalization of the muskox (*Ovibos moschatus* Zimmermann, 1780, Bovidae). *Journal of Zoology*, 268, 433-448.
- Garstang, M. (2004). Long-distance, low-frequency elephant communication. *Journal of Comparative Physiology A*, 190, 791–805
- Lameira, A. R., & Wich, S. A. (2008). Orangutan long call degradation and individuality over distance: a playback approach. *International Journal of Primatology*, 29, 615-625.
- Leiner, N. O., & Silva, R. (2007). Seasonal variation in the diet of the brazilian slender opossum (*Marmosops paulensis*) in a montane Atlantic Forest area, Southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 88(1), 158-164.
- Leivas, J. F., Ribeiro, G. G., Souza, M. B. & Filho, J. R. (2009). Análise comparativa entre os dados de precipitação estimados via satélite TRMM e dados observados de superfície em Manaus. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, INPE, 1611-1616.
- Lins-e-Silva, A. C. B., & Rodal, M. N. J. (2008). Tree community structure of an urban remnant of Atlantic coastal forest in Pernambuco, Brazil. In W. W. Thomas (Ed.), *The Atlantic coastal forest of northeastern Brazil* (pp. 517-540), New York, The New York Botanical Garden.

- Maciej, P., Fischer, J., & Hammerschmidt, K. (2011). Transmission characteristics of primate vocalizations: implications for acoustic analyses. *PLoS One*, 6(8), 30-36.
- Martin, K., Tucker, M. A., & Rogers, T. L. (2017). Does size matter? examining the drivers of mammalian vocalizations. *Evolution*, 71(2), 249-260.
- McComb, K., & Semple, S. (2005). Co-evolution of vocal communication and sociality in primates. *Biology Letters*, 1, 381-385.
- Mccowan, B., & Newman, J. (2000). The role of learning in chuck call recognition by squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Behaviour*, 137, 279-300.
- Mendes-Pontes, A. R., 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, 1-12.
- Miller, C. T., Eliades, S. J., & Wang, X. (2009). Motor planning for vocal production in common marmosets. *Animal Behaviour*, 78(5), 1195-1203.
- Morais, M. M., Ruiz-Miranda, C. R., Grativil, A. D., Andrade, C. C., Lima, C. S., Martins, A., et al (2008). Os saguis, *Callitrix jacchus e penicillata*, como espécies invasoras na região de ocorrência do mico-leão-dourado. In P. P. Oliveira, A. D. Grativil, C. R. Ruiz-Miranda (Eds.), *Conservação do mico-leão-dourado. Enfrentando os desafios de uma paisagem fragmentada*. Série Ciências Ambientais, 58-85.
- Mockford, E. J., Marshall, R. C., & Dabelsteen, T. (2011). Degradation of rural and urban great tit song: testing transmission efficiency. *PLoS One*, 6(12), 1-13.
- Morril, R. J., Thomas, A. W., Schiel, N., Souto, A., & Miller, C. T. (2013). The effect of habitat acoustics on common marmoset vocal signal transmission. *American Journal of Primatology*, 75, 904-916.
- Morton, E. S. (1975) Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist*, 109, 17–34.
- Naguib, M., & Wiley, R. (2001). Estimating the distance to a source of sound: mechanisms and adaptations for long-range communication. *Animal Behaviour*, 62(5), 825-837.

Oliveira, M.M., & Langguth, A. (2006). Rediscovery of Marcgrave's capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Rio de Janeiro*, 523, 1–16.

Paim, F. P., & Queiroz, H. L. (2009). Diferenças nos parâmetros acústicos das vocalizações de alarme das espécies de *Saimiri* Voigt, 1831 (Primates, Cebidae) na floresta de várzea - Reserva Mamirauá. *Uakari*, 5(1), 49-60.

Paim, F. P., Silva Júnior, J. S., Valsecchi, J., Harada, M. L., & Queiroz, H. L. (2013). Diversity, geographic distribution and conservation of squirrel monkeys, *Saimiri* (Primates, Cebidae), in the floodplain forests of Central Amazon. *International Journal of Primatology*, 34(5), 1055-1076.

Palermo-Neto, J. (2010). A Comunicação dos Animais. *Conselho Federal de Medicina Veterinária*, 16(49), 24–34.

Parmentier, E., Lagardère, J. P., Chancerelle, Y., Dufrane, D., & Eeckhaut, I. (2008). Variations in sound-producing mechanism in the pearlfish Carapini (Carapidae). *Journal of Zoology*, 276, 266-275.

Penna, M., & Moreno-Gómez, F. (2015). Contrasting propagation of natural calls of two anuran species from the South American temperate forest. *PLoS One*, 10(7), 1-16.

Peters, G., & Peters, M. K. (2010). Long-distance call evolution in the Felidae: effects of body weight, habitat, and phylogeny. *Biological Journal of the Linnean Society*, 101, 487–500.

Peterson, A. P. G., & Gross, E. E. (1967). *Handbook of noise measurement*. General Radio Co., West Concord, Mass.

Prescott, M. (2006). Primate sensory capabilities and communication signals: implications for care and use in the laboratory. *National Centre for the Replacement Refinement e Reduction of Animals in Research*, 4, 1–23

Range, R., & Fischer, J. (2004). Vocal repertoire of sooty mangabeys (*Cercocebus torquatus atys*) in the Tai National Park. *Ethology*, 110, 301-321.

Richards, D. G., & Wiley, R. H. (1980). Reverberations and amplitude fluctuations in the propagation of sound in a forest. Implications for animal communication. *The American Naturalist*, 108, 17-34.

Robinson, M. F. (1996). A relationship between echolocation calls and noseleaf widths in bats of the genera *Rhinolophus* and *Hipposideros*. *Journal of Zoology*, 239, 389-393.

Rocha, A. (2016). Disponibilidade de recursos e antropização estruturando a assembleia de primatas em floresta de igapó. *Dissertação de Mestrado*. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA.

Roy, S., Miller, C. T., Gottsch, D., & Wang, X. (2011). Vocal control by the common marmoset in the presence of interfering noise. *The Journal of Experimental Biology*, 214(21), 3619-3629.

Rowe, N. (1996). *The Pictorial guide to the living primates*. Pogonias Press.

Ruiz-Miranda, C. R., Affonso, A. G., de Morais, M. M., Verona, C. E., Martins, A., & Beck, B. (2006). Behavioral and ecological interactions between reintroduced golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced marmosets (*Callithrix* spp., Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic Coast Forest Fragments. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49, 99-109.

Rylands, A. B., Coimbra-Filho, A. F., & Mittermeier, R. A. (2009). The systematics and distributions of the marmosets (*Callithrix*, *Callibella*, *Cebuella*, and *Mico*) and callimico (*Callimico*) (Callitrichidae, Primates). In S. M. Ford, L. M. Porter, L. C. Davis (Eds.), *The Smallest Anthropoids the Marmoset/Callimico Radiation*, Springer Press, New York, 25-61.

Sabatini, V., & Ruiz-Miranda, C. (2008). Acoustical aspects of the propagation of long calls of wild *Leontopithecus rosalia*. *International Journal of Primatology*, 29, 207-223.

Sabatini, V., & Ruiz-Miranda, C. (2010). Does the golden lion tamarin, *Leontopithecus rosalia* (Primates: Callitrichidae), select a location within the forest strata for long distance communication? *Zoologia*, 27(2), 179-183.

Saunders, J., & Slotow, R. (2004). The evolution of song structure in southern African birds: an assessment of the acoustic adaptation hypothesis. *Ostrich Journal African Ornithology*, 75, 147–155.

Schlenker, P., Chemla, E., Cäsar, C., Ryder, R., & Zuberbühler, K. (2017). Titi semantics: context and meaning in Titi monkey call sequences. *Natural Language and Linguistic Theory*, 35, 271-298.

- Schneider, C., Hodges, K., Fischer, J., & Hammerschmidt, K. (2008). Acoustic niches of siberut primates. *International Journal Primatology*, 29(3), 601-613.
- Schuler, A. M., & Abee, C. R. (2005). Squirrel monkeys (*Saimiri*). In: K. Bayne (Ed.), *For nonhuman primates enrichment*. National Institute of Health (NIH), OLAW, USA, 73-87.
- Seyfarth, R. M. (1984). What the vocalizations of monkeys mean to humans and what they mean to the monkeys themselves. In: R. Harré, V. Reynolds. *The Meaning of Primate Signals. Studies in emotion e social interaction*. Cambridge University Press.
- Shettleworth, S. J. (1998). *Cognition, evolution and behaviour*. New York: Oxford University Press.
- Slabbekoorn, H., Ellers, J., & Smith, T. B. (2002). Birdsong ad sound transmission: the benefits of reverberations. *The Condor*, 104, 564-573.
- Souto, A., Bezerra, B. M., Schiel, N., & Hurber, L. (2007). Saltatory search in free-living *Callithrix jacchus*: environmental and age influences. *International Journal of Primatology*, 28, 881–893.
- Speaks, C. E. (2005). *Introduction to sound: acoustics for the hearing and speech sciences*. Singular, London.
- Symmes, D. Newman J. D., Talmage-Riggs, G., & Lieblich, A. K. (1979). Individuality and stability of isolation peeps in squirrel monkeys. *Animal Behaviour*, 27, 1142-1152.
- Thorpe, W. H. (1959). Talking birds and the mode of action of the vocal apparatus of birds. *Journal of Zoology*, 132(3), 441-455.
- Truax, B. (1984). Acoustic communication. In: M. Voigt, (Ed.). *Communication and information science*. Simon Fraser University. Burnaby, British Columbia, Canadá.
- Tu, H., Osmanski, M. S., & Dooling, R. J. (2011). Learned vocalizations in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*): the relationship between contact calls and warble song. *Journal Acoustical Society of America*, 129, 2289-2297.
- Verderane, M. P. (2010). Socioecologia de macacos-prego (*Cebus libidinosus*) em área de ecótono Cerrado/Caatinga. Tese de Doutorado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Valença Montenegro, M. M. (2011). Ecologia de *Cebus flavius* (Schreber, 1774) em remanescentes de Mata Atlântica no estado da Paraíba. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo.

Vielliard, J. M. E. (2004). A diversidade de sinais e sistemas de comunicação sonora na fauna brasileira. I Seminário Música, Ciência e Tecnologia, 145–152.

Waser, P. M., & Brown, C. H. (1986). Habitat acoustics and primate communication. *American Journal of Primatology*, 10, 135-154.

Waser, P. M., & Waser, M. S. (1977). Experimental studies of primate vocalization-specializations for long-distance propagation. *Zeitschrift fur Tierpsychologie*, 43, 239–263.

Wich, S. A., Koski, S., de Vries, H., & van Schaik, C.P. (2003). Individual and contextual variation in Thomas langur male loud calls. *Ethology*, 109, 1–13

Winter, P., Ploog, D., & Latta, J. (1966). Vocal repertoire of the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*), its analysis and significance. *Experimental Brain Research*, 1(4), 359–384.

Winter, P. (1972). Observational on the vocal behaviour of free-ranging squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Zeitschrift fur Tierpsychologie*, 31, 1-7.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho trouxe informações primárias a cerca das adaptações da ecologia de uma população de *S. sciureus* através do seu comportamento em um fragmento de floresta Atlântica. A preferência evidente pelo consumo de frutos ao invés do consumo de insetos, por exemplo, é reflexo das características de um fragmento altamente antropizado comumente observado nessa região que, porém, difere dos fragmentos florestais amazônicos nos quais esses primatas são estudados. Sob a mesma ótica, explica-se a alta porcentagem do consumo de frutos exóticos. Sendo esta a diferença mais evidente, trata-se de uma população que demonstra sucesso adaptativo quanto a composição e manutenção dos grupos mediante a qualidade e oferta do habitat em relação ao uso, disponibilidade de alimento e proteção.

Quanto a propagação das vocalizações das quatro espécies estudadas, não foi observado resultados que demonstrem a relação direta e positiva sobre a eficiência das vocalizações das espécies em seu habitat natural. De modo geral, os parâmetros acústicos analisados apresentaram resultados esperados referentes a sua perda no ambiente. No entanto, as vocalizações de todas as espécies demonstraram ser melhor preservadas na Amazônia,

seguido pela Caatinga e floresta Atlântica. Este último bioma apresentou os maiores índices de degradação dos parâmetros acústicos das vocalizações das quatro espécies consideradas.

Sendo assim, é possível considerar a estratégia de controle populacional ao invés da erradicação total da espécie *S. sciureus*, visto o tempo que ela foi introduzida, o histórico e a ausência de dados que revelem com clareza a interferência negativa desta espécie. Sendo assim, considera-se necessário o desenvolvimento de mais estudos a fim de avaliar em detalhes os riscos que a espécie oferece como espécie exótica à floresta Atlântica e sua fauna.

REFERÊNCIAS

- Allendorf, F. W., & Lundquist, L. L. (2003). Introduction: population biology, evolution, and control of invasive species. *Conservation Biology*, 17(1), 24-30.
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49(3), 227-266.
- Anderson, C. J., Hostetler, M. E., & Johnson, S. A. (2017). History and status of introduced non-human primate populations in Florida. *Southeastern Naturalist*, 16(1), 19-36.
- Baldwin, J. D. (1985). The behavior of squirrel monkeys (*Saimiri*) in natural environments. In L. A. Rosenblum & C. L. Coe (Eds.) *Handbook of squirrel monkey research*. New York: Springer, 25-53.
- Baldwin, J. D., & Baldwin, J. I. (1981). The squirrel monkeys, genus *Saimiri*. In A. F. Coimbra-Filho & R. A. Mittermeier (Eds.). *Ecology and Behavioral of Neotropical Primates*, Academia Brasileira de Ciências, 1, 277-330.
- Bastos, M. (2014). Comunicação vocal em *Sapajus flavius* na natureza. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- Bastos, M., Souto, A., Jones, G., Eason, P., Bione, C., Schiel, N., & Bezerra, B.M. (2015). Vocal repertoire of wild blonde capuchins (*Sapajus flavius*) and contextual use of calls. *American Journal of Primatology*, 77, 605-617.
- Bezerra, B. M. (2006). Vocalização do sagui comum: influências sociais e ontogênicas em ambiente natural. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- Bezerra, B. M., Souto, A.S., & Jones, G. (2009). Perspectives in primate bioacoustics. In: Potocki, E., Krasinski, J. (Eds.). *Primate Theories, Methods and Research*, 1-28.

- Bezerra, B. M., Souto, A. S., Oliveira, M. A. B., & Halsey, L. G. (2009b). Vocalizations of wild common marmosets are influenced by diurnal and ontogenetic factors. *Primates*, 50, 231–237.
- Bezerra, B. M., Souto, A. S., & Jones, G. (2010). Vocal repertoire of golden-backed uakaris (*Cacajao melanocephalus*): call structure and context. *International Journal of Primatology*, 31(5), 759-778.
- Bezerra, B. M., Souto, A. S., & Jones, G. (2012). Propagation of the loud "tchó" call of golden-backed uakaris, *Cacajao melanocephalus*, in the black-swamp forests of the upper Amazon. *Primates*, 53 (4), 317-325.
- Blomquist, G. E., Kowalewski, M. M., & Leigh, S. R. (2009). Demographic and morphological perspectives on life history evolution and conservation of new world monkeys. In P. A. Garber, A. Estrada, J. C. Bicca-Marques, E. W. Heymann, & K. B. Strier (Eds.). *South American Primates*, New York: Springer, 117-138.
- Blumstein, D. T., Mennill, D. J., Clemins, P., Girod, L., Yao, K., Patricelli, G., Deppe, J. L., Krakauer, A. H., Clark, C., Cortopassi, K. A., Hanser, S. F., McCowan, B., Ali, A. M., & Kirschel, A. N. G. (2011). Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48, 758–767.
- Boinski, S. (1999). The social organizations of squirrel monkeys: implications for ecological models of social evolution. *Evolutionary Anthropology*, 8(3), 101-112.
- Boinski, S., & Mitchell, C. L. (1992). The ecological and social factors affecting adult female squirrel monkey vocal behavior. *Ethology* 92, 316-330.
- Bolt, L. M. & Tennenhouse, E. (2017). Contact calling behaviour in the male ring-tailed lemur (*Lemur catta*). *Ethology*, 123, 614– 626.
- Bonvicino, C. R. (1989). Ecologia e comportamento de *Alouatta belzebul* (Primates: cebidae) na Mata Atlântica. *Revista nordestina de biologia*, 6, 149– 179.
- Bradbury, J. W., & Vehrencamp, S. L. (1998). *Principles of animal communication*. Canada, Synauer Associates, Inc.
- Brand, K. (2005). GISP - Programa global de espécies invasoras. *América do Sul invadida. A crescente ameaça das espécies exóticas invasoras*.

- Brumm, H., & Slabbekoorn, H. (2005) Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behavior*, 35: 151–209.
- Camarotti, F. L. M., Luna, V., & Borstelmann, A. M. O. (2015). The effects of introducing the amazonian squirrel monkey on the behavior of the Northeast marmoset. *Acta Amazonica*, 45, 29-34.
- Campbell, D. G., Stone, J. L., & Rosas, A. (1992). A comparison of the phytosociology and dynamics of three (várzea) forests of known ages, Rio Juruá, Western Brazilian Amazon. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 108, 213-237.
- Chapman, C. A. (1990). Association patterns of spider monkeys: the influence of ecology and sex on social organization. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 26, 409-414.
- Coradin, L. (2006). Espécies exóticas invasoras: situação brasileira. *Ministério do Meio Ambiente*. www.mma.gov.br/estruturas/174/_publicacao/174_publicacao17092009113400.pdf. Acesso julho 2015.
- Corewyn, L. (2003). Ontogeny of vocal communication in nonhuman primates: a review. In: J. E. Schrier, (Ed.). *Laboratory Primate Newsletter*, 2 (1), 3-7.
- De la Torre, S., & Snowdon, C. T. (2002). Environmental correlates of vocal communication of wild pygmy marmosets, *Cebuella pygmaea*. *Animal Behavior*, 63, 847-856.
- Delgado, R. A. (2006). Sexual selection in the loud calls of male primates: signal content and function. *International Journal of Primatology*, 24, 5–25
- De Thoisy, B., Bayart, O. L. F., & Contamin, H. (2002). Behavior of squirrel monkey (*Saimiri sciureus*) — 16 years on an island in French Guiana. *Neotropical Primates*, 10(2), 73-76.
- Egnor, S. E. R., & Hauser, M. D. (2004). A paradox in the evolution of primate vocal learning. *Trends in Neurosciences*, 17, 649-654.
- Ferreira, L. V. (2000). Effects of flooding duration on species richness, floristic composition and forest structure in river margin habitat in Amazonian blackwater floodplain forests: implications for future design of protected areas. *Biodiversity and Conservation*, 9, 1–14.
- Fischer, J. (2004). Emergence of individual recognition in young macaques. *Animal Behaviour*, 67, 655–661.

- Fonseca, G. A. B., Herrmann, G., & Leite, Y. L. R. (1999). Macrogeography of Brazilian mammals. In: J. F. Eisenberg, & K. H. Redford, K.H. (Eds.). *Mammals of the Neotropics: The Central Neotropics*. The University of Chicago Press, Chicago, EUA. 3, 549-563.
- Guedes, M. L. S., Batista, M. A., Ramalho, M., Freitas, H. M. B., & Silva, E. M. (2005). Breve incursão sobre a biodiversidade da Mata Atlântica. In C. R. Franke, P. L. B. Rocha, W. Klein, & S. L. Gomes. *Mata Atlântica e Biodiversidade*. Universidade Federal da Bahia, Edufba, 39-92.
- Glowka, L., Burhenne-Guilmin, F., Synge, H., McNeely, J. A., & Gundling, L. A. (1994) *Guide to the Convention on Biological Diversity*. Gland and Cambridge: IUCN, 1994.
- Goldschmidt, B., Mota-Marinho, A., Araújo-Lopes, C., Brück-Gonçalves, M. A., Matos-Fasano, D., et al. (2009). Sexual dimorphism in the squirrel monkey, *Saimiri sciureus* (Linnaeus, 1758) and *Saimiri ustus* (I. Geoffroy, 1844) (Primates, Cebidae). *Brazilian Journal of Biology*, 69(1), 171-174.
- Green, S. (1975). Dialects in Japanese monkeys: vocal learning and cultural transmission of locale-specific vocal behavior? *Zeitschrift Für Tierpsychologie*, 38, 304-314.
- Gregorin, R. (2006) Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta* Lacépède (Primates, Atelidae) no Brasil. *Revista brasileira de zoologia*, 23, 64–144.
- Groves, C. P. (2005). Order Primates. In D. E. Wilson, & D. M. Reeder (Eds.), *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 3, 111–184.
- Hauser, M. (1993). The evolution of non-human primate vocalization: effects of phylogeny body weight and social context. *American Naturalist*, 142, 528-542.
- Hennessy, M. B., Coe, C. L., Mendoza, S., Lowe, E. L., & Levine, S. (1978). Scent-marking and olfactory investigating behavior in the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*). *Behavioral Biology*, 24, 57–67.
- Hershkovitz, P. (1984). Taxonomy of squirrel monkeys genus *Saimiri* (Cebidae, Platyrrhini): a preliminary report with description of a hitherto unnamed form. *American Journal of Primatology*, 7(2), 155-210.
- Hurlbert, S. H. (1984). Pseudo replication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54, 187-211.

Ingberman, B., Stone, A. I., & Cheida, C. C. (2008) Gênero Saimiri. In: N. R. Reis, A. L. Peracchi, & F. R. Andrade (Eds). *Primates Brasileiros*. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 41- 46.

Inoue, M. (1988). Age gradation in vocalization and body weight in Japanese monkeys (*Macaca fuscata*). *Folia Primatologica*, 51, 76-86.

Instituto Hórus. *Invasives information network* (I3N).
<http://i3n.institutohorus.org.br/www/?p=a2duLS9nOms7NGkoeR4FT0lbCl8KWkhHQRdVMmFkcjNiZA%3D%3D>. Acesso 26 julho 2017.

Jack, K. M. (2007). The Cebines. In C. J. Campbell, A. Fuentes, K. C. Mackinnon, M. Panger, & S. K. Bearder (Eds.), *Primates in Perspective*, Oxford University Press, 107–123.

Janson, C. H., & Boinski, S. (1992). Morphological and behavioral adaptations for foraging in generalist primates: the case of the Cebines. *American Journal of Physical Anthropology*, 88(4), 483-498.

Kroodsma, D. E., Byers, B. E., Goodale, E., Johnson, S., & Liu, W. (2001). Pseudoreplication in playback experiments, revisited a decade later. *Animal Behaviour*, 61, 1029–1033

Lameira, A. R., & Wich, S. A. (2008). Orangutan long call degradation and individuality over distance: a playback approach. *International Journal of Primatology*, 615-625.

Laska M., & Hudson, R. (1993a). Assessing olfactory performance in a New World primate, *Saimiri sciureus*. *Physiology & Behavior*, 53, 89-95.

Laska, M., & Hudson, R. (1993b). Discriminating parts from the whole: determinants of odor mixture perception in squirrel monkeys, *Saimiri sciureus*. *Journal of Comparative Psychology*, 173, 249–256.

Laska, M., & Hudson, R. (1995a). Ability of female squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) to discriminate between conspecific urine odours. *Ethology*, 99, 39–52.

Laska, M., Alicke, T., & Hudson, R. (1996). A study of long-term odor memory in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Journal of Comparative Psychology*, 110, 125–130.

Lee, C. E. (2002). Evolutionary genetics of invasive species. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(8), 386-391.

Leal, I. R., Tabarelli, M., & Silva, J.M.C. (2003). *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Leal, I. R., Silva, J. M. C., 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.

Leão, T. C. C., Almeida, W. R., Dechoum, M. S. & Ziller, S. R. (2011). *Espécies exóticas invasoras no nordeste do Brasil: contextualização, manejo e políticas públicas*. CEPAN, Instituto Hórus.

Lima, M. L. F. C. (1998). A reserva da biosfera da Mata Atlântica em Pernambuco. Situação atual, ações e perspectivas. *Série Estados e Regiões da RBMA*. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Caderno 12, 1-42

Lima, E. M., & Ferrari, S. F. (2003). Diet of a free-ranging group of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Brazilian Amazonia. *Folia Primatologica*, 74(3), 150-158.

Lowe, E. S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2004). *100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo*. Una selección del Global Invasive Species Database. <http://www.issg.org/bookletS.pdf>. Acesso 28 julho 2017.

Maciej, P., Fischer, J., & Hammerschmidt, K. (2011). Transmission characteristics of primate vocalizations: implications for acoustic analyses. *Plos One*, 6(8), 30-36.

Martin, K., Tucker, M. A., & Rogers, T. L. (2017). Does size matter? examining the drivers of mammalian vocalizations. *Evolution*, 71(2), 249-260.

Mccowan, B., & Newman, J. (2000). The role of learning in chuck call recognition by squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Behaviour*, 279-300.

McGregor, P. M. (2000). Playback experiments: design and analysis. *Acta Ethologica*, 3(1), 3-8.

Mendes-Pontes, A. R., Jordani, R. A., Rosas Ribeiro, P. F., Normande, I. C., Fernandes, A. C. A., Soares, M. L., & Ramalho, C. B. (2007). Ocorrência e abundância de primatas em fragmentos florestais no Centro de Endemismo Pernambuco. In J. C. Bicca-Marques (Ed.), *A Primatologia no Brasil*, 10 (3), 193-206.

Ministério do Meio Ambiente (2017). *Biomass: Amazônia*. <http://www.mma.gov.br/biomass/amaz%C3%A3nia>. Acesso 30 julho 2017

Mitani, J. C. (1985). Sexual selection and adult male orangutan long-calls. *Animal Behaviour*, 33, 272–283.

- Mitra Setia, T., & van Schaik, C. P. (2007). The response of adult orangutans to flanged male long calls: Inferences about their function. *Folia Primatologica*, 78, 215–226.
- Morais, R. M. O., Mello, C. L., Costa, F. O., & Santos, P. F. (2006). Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos depósitos da formação Barreiras no estado do Rio de Janeiro. *Revista do Instituto de Geociências – USP*. 6 (2), 19-30.
- Morton, E. S. (1975) Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist*, 109, 17–34.
- Naguib, M., & Wiley, R. (2001). Estimating the distance to a source of sound: mechanisms and adaptations for long-range communication. *Animal Behavior*, 62(5), 825-837.
- Neto, C. A. M. U., & Tabarelli, M. (2002). Diagnóstico e estratégia de conservação do Centro de Endemismo Pernambuco. CEPAN. Disponível em: cepan.org.br/uploads/file/.../113b6d1f2de41e4699f56a94b2bf0a4b.pdf. Acesso em 30 Maio 2015.
- Newman, J. D. (1985). Squirrel monkey communication. In: L. A. Rosenblum, C. L. Coe, (Eds.). *Handbook of squirrel monkey research*. New York: Plenum Press, 99–126.
- Oliveira-Filho, A. T., & Fontes, M. A. L. (2000). Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica*, 32(4b), 793-810.
- Oliveira, L. C., & Grelle, C. E. V. (2012). Introduced primate species of an Atlantic Forest region in Brazil: present and future implications for the native fauna. *Tropical Conservation Science*, 5(1), 112-120.
- Paim, F. P. (2008). Estudo comparativo das espécies de *Saimiri* Voigt, 1831 (Primates, Cebidae) na Reserva Mamirauá, Amazonas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará.
- Paim, F. P., & Queiroz, H. L. (2009). Diferenças nos parâmetros acústicos das vocalizações de alarme das espécies de *Saimiri* Voigt, 1831 (Primates, Cebidae) na floresta de várzea - Reserva Mamirauá. *Uakari*, 5(1), 49- 60.
- Palermo-Neto, J. (2010). A Comunicação dos animais. CFMV, 16(49), 24–34.

- PANPRINE (2013). *Boletim Informativo PAN- Primatas do Nordeste.* <http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/4-destaques/3902-rebio-de-saltinho-fara-nova-captura-de-micos-de-cheiro.html>. Acesso 15 junho 2017.
- Peters, G., & Peters, M. K. (2010). Long-distance call evolution in the Felidae: effects of body weight, habitat, and phylogeny. *Biological Journal of the Linnean Society*, 101, 487–500.
- Penna, M., & Moreno-Gómez, F. (2015). Contrasting propagation of natural calls of two anuran species from the South American temperate forest. *Plos One*, 10 (7), 1-16.
- Pennington, R. T., Lavin, M., Prado, D. E., Pendry, C. A., Pell, S. K., & Butterworth, C. A. (2004). Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 359, 515-538.
- Peterson, A. P. G., & Gross, E. E. (1967). Handbook of noise measurement. *General Radio Co.*, West Concord, Mass.
- Pinheiro, T., Ferrari, S. F., & Lopes, M. A. (2013). Activity budget, diet, and use of space by two groups of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in eastern Amazonia. *Primates*, 54(3), 301-308.
- Pires, J. M., & Prance, G. T. (1985). The vegetation types of the Brazilian Amazon. In G. T. Prance & Lovejoy, T. E. (Eds.), London: Pergamon Press.
- Prado, D. (2003). As caatingas da América do Sul. In: I. R. Leal, M. Tabarelli, J. M. C. Silva. (Eds.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 3-73.
- Prance, G. T. (1979). Notes on vegetation of Amazonia III. The terminology of Amazonian forest types subject to inundation. *Brittonia*, 31, 26-38.
- Prescott, M. (2006). Primate sensory capabilities and communication signals: implications for care and use in the laboratory. *National Centre for the Replacement Refinement e Reduction of Animals in Research*, 4, 1–23.
- Primack, R. B., & Rodrigues, E. (2001). Biologia da conservação e diversidade biológica. *Biologia da Conservação*. Londrina: Editora Vida, 01-68.

- Pough, F.H., Janis, C.M., & Heiser, J.B. (2008) *A vida dos vertebrados*. São Paulo: Atheneu. 4, 480.
- Radick, G. (2005). Primate language and the playback experiment, in 1890 and 1980. *Journal of the History of Biology*, 38, 461-493.
- Ramalho, E. E., Macedo, J., Vieira, T. M., Valsecchi, J., Calvimontes, J., et al (2009). Ciclo hidrológico nos ambientes de várzea da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – médio Rio Solimões, período de 1990 a 2008. *Uakari*, 5(1), 61–87.
- Range, R., & Fischer, J. (2004). Vocal repertoire of sooty mangabeys (*Cercocebus torquatus atys*) in the Tai National Park. *Ethology*, 110, 301-321.
- Redmond, I., & Goodall, J. (2008). *The primate family tree*. The amazing diversity of our closest relatives. Firefly books, Buffalo.
- Rendal, D., Rodman, P. S., & Emond, R. E. (1996). Vocal recognition of individuals and kin in free-ranging rhesus monkeys. *Animal Behaviour*, 51, 1007-1015.
- Rizzini, C. T. (1963). Nota previa sobre a divisão fitogeográfica (florística-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*. 25, 3-64.
- Rocha, C. F. D., Bergallo, H. G., Pombal Jr, J. P., Geise, L., Van Sluys, M., Fernandes, R., & Caramaschi, U. (2004). *Fauna de anfíbios, répteis e mamíferos do Estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil*. Publicações Avulsas do Museu Nacional, 104, 3-23.
- Rowe, N. (1996). *The Pictorial guide to the living primates*. Pogonias Press.
- Rylands, A. B., & Mittermeier, R. A. (2013). Family Cebidae (Squirrel monkeys and Capuchins) In: Mittermeier, R. A.; Rylands, A. B.; Wilson, D. E. (Eds). *Handbook of the mammals of the world*. Barcelona: Lynx Edicions, 3, 348-413.
- Sabatini, V. & Ruiz-Miranda, C. (2008). Acoustical aspects of the propagation of long calls of wild *Leontopithecus rosalia*. *International Journal of Primatology*, 29, 207-223.
- Sabatini, V. & Ruiz-Miranda, C. (2010). Does the golden lion tamarin, *Leontopithecus rosalia* (Primates: Callitrichidae), select a location within the forest strata for long distance communication? *Zoologia*, 27(2), 179-183.
- Sakai, A. K., Allendorf, F. W., Holt, J. S., Lodge, D. M., Molofsky, J., With, K. A., Baughman, S., Cabin, J. R., Cohen, E. J., Ellstrand, C. N.; McCauley, E. D., O'Neil P., Parker

- M. I., Thompson N. J., & Weller G. S. (2001). The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1), 305-332.
- Saunders, J., & Slotow, R. (2004). The evolution of song structure in southern African birds: an assessment of the acoustic adaptation hypothesis. *Ostrich Journal African Ornithology*, 75, 147–155.
- Schmidt, U., & Seitz, E. (1967). Waschen mit Harn zum Zweck der Thermoregulation bei Totenkopfaffen (*Saimiri sciureus* L.). *Anthropologischer Anzeiger*, 162-165.
- Schott, D. (1975). Quantitative analysis of the vocal repertoire of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 38, 225-250.
- Schuler, A. M., & Abee, C. R. (2005). Squirrel monkeys (*Saimiri*). In: K. Bayne (Ed.), *For nonhuman primates enrichment*. National Institute of Health (NIH), OLAW, USA, 73 – 87.
- Schwartz, G. G., & Rosenblum, L. A. (1980) Novelty, arousal, and nasal marking in the squirrel monkey. *Behavioral and Neural Biology*, 28, 116-122
- Seyfarth, R. M. (1984). What the vocalizations of monkeys mean to humans and what they mean to the monkeys themselves. In: R. Harré, V. Reynolds. *The Meaning of Primate Signals. Studies in emotion e social interaction*. Cambridge University Press.
- Shettleworth, S. J. (1998). *Cognition, evolution and behaviour*. New York: Oxford University Press.
- Sioli, H. (1984). The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: H. Sioli (Ed.), *The Amazon Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin*, Netherlands, Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, 127-165. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-6542-3_5. Acesso 04 ago 2017
- Sobroza, T. V., Cerqueda, L. S., Simões, P. I., & Gordo, M. (2017). Vocal repertoire and its behavioral contexts in the pied tamarin, *Saguinus bicolor*. *International Journal of Primatology*, 38, 642. <https://doi.org/10.1007/s10764-017-9971-z>
- Sorjonen, J. (1986). Song structure and singing strategies in the genus *Luscinia* in different habitats and geographical areas. *Behaviour*, 98, 274–285.
- Stone, A. (2006). Foraging ontogeny is not linked to delayed maturation in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Ethology*, 112, 105-115.

- Stone, A. (2007). Ecological risk aversion and foraging behaviors of juvenile squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Ethology*, 13, 782-792.
- Stone, A. (2014). Is fatter sexier? Reproductive strategies of male squirrel monkeys. *International Journal of Primatology*, 35(3-4), 628–642.
- Symington, M. M. (1990). Fission-fusion social organization in *Ateles* and *Pan*. *International Journal of Primatology*, 11, 47–61.
- Thoisy, B., Louguet, O., Bayart, F., & Contamin, H. (2002). Behavior of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) – 16 years on an island in French Guiana. *Neotropical Primates* 10(2), 73-76.
- Truax, B. (1984). Acoustic communication. In: M. Voigt, (Ed.). *Communication and information science*. Simon Fraser University. Burnaby, British Columbia, Canadá.
- Vermeij, G. J. (1996). An agenda for invasion biology. *Biological conservation*, 78(1-2), 3-9.
- Vielliard, J. M. E. (2004). A diversidade de sinais e sistemas de comunicação sonora na fauna brasileira. I Seminário Música, Ciência e Tecnologia, 145–152.
- Waser, P. M., & Waser, M. S. (1977). Experimental studies of primate vocalization-specializations for long-distance propagation. *Zeitschrift fur Tierpsychologie*, 43, 239–263.
- Wich, S. A., Koski, S., de Vries, H., & van Schaik, C. P. (2003). Individual and contextual variation in Thomas langur male loud calls. *Ethology*, 109, 1–13.
- Wiener, S. G., Bayart, F., Faull, K. F., & Levine, S. (1990). Behavioral and physiological responses to maternal separation in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Behavioral Neuroscience*, 104 (1), 108-115.
- Wiley, R. H. (2003). Is there an ideal behavioural experiment? *Animal Behaviour*, 66, 585–588.
- Wilson, E.O. (1988). The current state of biodiversity. In: E. O. Wilson (Ed.), *Species Extinction and the Loss of Biodiversity*. Academic Press, Washington, DC, 219-226.
- Winter, P., Ploog, D., & Latta, J. (1966). Vocal repertoire of the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*), its analysis and significance. *Experimental Brain Research*, 1(4), 359–384.
- Winter, P. (1969). Dialects in squirrel monkeys: vocalization of the Roman arch type. *Folia Primatologica*, 10, 216-229.

Zimbler De Lorenzo, H. S., & Stone, A. I. (2011). Integration of field and captive studies for understanding the behavioral ecology of the squirrel monkey (*Saimiri* sp.). *American Journal of Primatology*, 73, 607-622.