

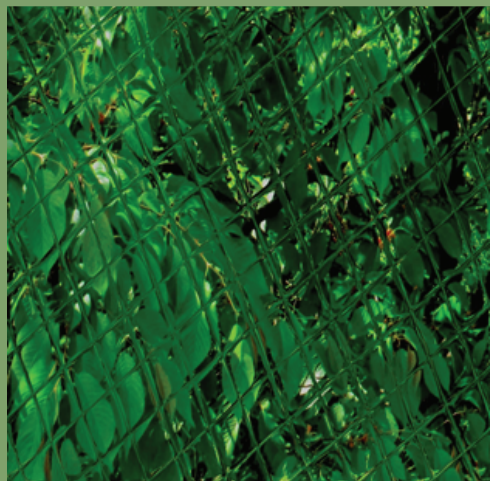
A Primatologia no Brasil

Volume 14

Valdir Luna da Silva
Renata Gonçalves Ferreira
Maria Adélia B. de Oliveira
(EDITORES)



Sociedade Brasileira
de Primatologia



A Primatologia no Brasil

Volume 14



Recife, PE
Sociedade Brasileira de Primatologia
2017

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Kalina Ligia França da Silva, CRB4-1408

C749p Congresso Brasileiro de Primatologia (14. : 2013 ago. 04 a 09 : Recife, PE).
A primatologia no Brasil, 14 : anais do Congresso Brasileiro de Primatologia [recurso eletrônico] / Valdir Luna da Silva, Renata Gonçalves Ferreira, Maria Adélia Borstelmann de Oliveira, (Editores). – Recife: Ed. UFPE; Sociedade Brasileira de Primatologia, 2017.

Inclui referências.

ISBN 978-85-415-0909-1 (online)

1. Primatas – Congressos – Brasil. I. Silva, Valdir Luna da (Ed.). II. Ferreira, Renata Gonçalves (Ed.). III. Oliveira, Maria Adélia Borstelmann de (Ed.). IV. Sociedade Brasileira de Primatologia. V. Título.

599.8

CDD (23.ed.)

UFPE (BC2017-056)

A Primatologia no Brasil

Volume 14

Valdir Luna da Silva¹

Renata Gonçalves Ferreira²

&

Maria Adélia Borstelmann de Oliveira³

¹Laboratório de Fisiologia Comparada e Comportamento Animal - UFPE

²IDSS Individual Differences and Social Strategies Lab - UFRN

³Laboratório de Ecofisiologia e Comportamento Animal - UFRPE



Anais do XV Congresso Brasileiro de Primatologia

Recife, PE – 04 a 09 de agosto de 2013

Sociedade Brasileira de Primatologia

2017

EDITORACÃO

Valdir Luna da Silva

Renata Gonçalves Ferreira

Maria Adélia Borstelmann de Oliveira

ILUSTRAÇÕES

Desenhos: J. BORGES, Artista popular, Bezerros-PE

Foto da capa: *Ateles marginatus*, Zoo Dois Irmãos, Recife-PE

Silvia Tereza Moura Silva

REVISORES ad hoc

Alfredo Ricardo Langguth Bonino

Alcides Pissinatti

Antonio Moura

Amely Branquinho Martins

André Hirsch

Andre Chien Alonso

Anita Stone

Arrilton Araujo de Souza

Briseida Dogo de Resende

Bruna Martins Bezerra

Carla de Borba Possamai

Carla Soraia Soares de Castro

Carlos R. Ruiz-Miranda

Carolina Virginia Macêdo de Azevedo

Cecilia Kierulff

Daniel Marques de Almeida Pessoa

Daniel Vilasboas Slomp

Danilo Simonini Teixeira

Danilo Gustavo de Oliveira

Dilmar Alberto Gonçalves de Oliveira

Domingo Canales Espinosa

Eduardo Benedicto Ottoni

Eldianne Moreira de Lima

Eleonore Zulmara Freire Setz

Ernesto Rodriguez-Luna

Fabiano Rodrigues de Melo

Fernanda Pedreira Tabacow

Fenanda Pozzan Paim

Fernando de Camargo Passos

Filippo Aurélli

Francisco Dionisio Mendes

Gabriel Ramos Fernandes

Gerson Buss

Gustavo Rodrigues Canale

Horacio Schneider

Ítalo Martins da Costa Mourthé

Jessica Lynch Alfaro

João Marcelo Deliberador Miranda

Joao Valsechi Amaral

José de Souza e Silva Júnior

Jorge Luiz Nascimento

Júlio César Bicca-Marques

Karen Barbara Strier

Kristof Knonn

Leandro Jerusalinsky

Leonardo de Carvalho Oliveira

Marcelo Nery

Marco Antonio Barreto de Almeida

Marcos de Souza Fialho

Maria de Fatima Arruda de Miranda

Maria Iracilda da Silva Sampaio
Mariluce Rezende Messias
Martin Kowalesky
Maurício Talebi Gomes
Michele Pereira Verderane
Milene Moura Martins
Mônica Mafra Valença Montenegro
Nicola Schiel
Oscar Maurício Chaves Badilla
Patricia Izar
Patrícia Mie Matsuo
Paulo Henrique Gomes de Castro
Renata Bocorny de Azevedo
Renata Gonçalves Ferreira
Wilson Roberto Spironello

APRESENTAÇÃO

A Primatologia no Brasil XIV contém trabalhos apresentados no II Congresso Latino Americano e XV Congresso Brasileiro de Primatologia, realizado no período de 04 a 09 de agosto de 2013, na cidade do Recife, PE. A programação científica deste evento incluiu 10 palestras magnas (abertura, encerramento e duas palestras diárias), 14 mini-cursos e oficinas; 14 simpósios, 100 apresentações orais e 188 painéis. Este volume possui no total 32 artigos originais organizados em 7 capítulos: Cognição; Comportamento; Ecologia; Fisiologia, Morfologia e Evolução; Bem-estar e saúde; Conservação; Educação Ambiental. Os artigos representam uma amostra e a divisão dos capítulos busca refletir os eixos de discussão que ocorreram durante o congresso. Cada capítulo inicia com o trabalho de um autor convidado, ao qual se seguem os textos submetidos e aprovados pelos revisores. Este livro é produto de um trabalho coletivo e de longa duração. Autores do Brasil, da América latina, dos EUA, Reino Unido e Comunidade Européia vem aqui partilhar seus conhecimentos e ideias.

Agradecemos igualmente a todos os colegas que organizaram e participaram dos simpósios que ocorreram durante o evento: II Congresso Latino Americano e XV Congresso Brasileiro de Primatologia. Aproveitamos a oportunidade para agradecer a todos os que, de alguma forma, colaboraram para a realização daquele evento, em especial a Sociedade Brasileira de Primatologia, FACEPE, CAPES e Primate Action Fund do Conservation International. Este livro não teria sido concluído sem a preciosa colaboração dos revisores que dedicaram seu tempo a lapidar a forma de apresentação dos dados e conhecimentos e à tarefa de manter a qualidade da série “A Primatologia no Brasil”. A esses colaboradores, nosso sincero agradecimento.

Recife, abril de 2017

Os Editores

PREFÁCIO

O presente volume da série A Primatologia no Brasil contém um conjunto representativo dos cerca de 290 trabalhos científicos apresentados durante o XV Congresso Brasileiro de Primatologia/II Congresso Latino-Americano de Primatologia nas temáticas cognição; comportamento; ecologia; fisiologia, morfologia e evolução; bem estar e saúde; conservação e educação ambiental.

Além de uma programação científica rica, os quase 500 participantes (incluindo primatólogos de vários países das Américas do Sul, Central e do Norte e da Europa) tiveram a oportunidade de vivenciar a cultura do nordeste brasileiro. O congresso também foi marcado pela refundação da Sociedad Latinoamericana de Primatología (SLAPrim).

O tema “Somos todos primatas: vencendo desafios” retrata adequadamente o atual cenário da primatologia brasileira e latino-americana. A formação de recursos humanos em nível de pós-graduação (mestrado e doutorado) tem crescido exponencialmente nas últimas duas décadas e promovido um aumento significativo na publicação de artigos científicos em periódicos internacionais, tais como *American Journal of Primatology*, *International Journal of Primatology*, *Primates* e *Folia Primatologica*. Contudo, o número de artigos por autor ainda é baixo; a maioria dos autores (>90%) publicou menos de cinco artigos em periódicos indexados na Web of Science.

Segundo a mesma base de dados, o Brasil ocupa o 2º lugar dentre os países com maior produção de conhecimento científico sobre os primatas do Novo Mundo, mas países não-habitat com maiores investimentos financeiros em pesquisa, como os Estados Unidos (1º lugar), a Inglaterra (3º) e a Alemanha (4º), ainda se destacam no cenário internacional. Os outros países-habitat mais produtivos da região neotropical são o México (5º lugar), a Argentina (10º) e a Colômbia (12º).

Porém, nossos avanços científicos infelizmente não têm sido suficientes ou adequadamente traduzidos em melhorias do estado de conservação da

maioria dos táxons, os quais apresentam sinais de deterioração em decorrência da contínua degradação de seus habitats por ações antrópicas. A situação no Brasil pode ser parcialmente explicada pela grande disparidade da produção científica entre os biomas, a qual é fortemente favorável aos primatas da Mata Atlântica. Além disso, sua liderança se mostra insuficiente para produzir resultados aplicados à conservação ao levar-se em consideração a diferença marcante na riqueza de espécies entre Brasil (128 spp.), Colômbia (40 spp.), Argentina (5 spp.) e México (3 spp.; A. B. Rylands, com. pess., 6/novembro/2015). Uma análise da produção científica indexada (Web of Science) relativa à riqueza de espécies dos países coloca o Brasil (5 publicações/espécie) em uma posição muito inferior ao México (78 publicações/espécie) e à Argentina (23 publicações/espécie). A produção da Colômbia também é preocupante (2 publicações/espécie).

Vencer o crítico e urgente desafio de promover a conservação dos primatas neotropicais depende de determinação, perseverança e criatividade de todos os primatólogos no desenvolvimento, divulgação e adoção de estratégias que sensibilizem os diferentes segmentos da sociedade sobre o importante papel que os macacos desempenham na promoção da saúde dos ecossistemas. A continuação da formação de recursos humanos de alto nível nos países onde a primatologia está bem consolidada e sua propagação para os demais países-habitat da América Latina, o treinamento em educação ambiental e o envolvimento de profissionais das ciências humanas, o fortalecimento da popularização do conhecimento científico e sua transformação em políticas públicas (incluindo a criação e implementação de unidades de conservação), a capacitação em redação científica e em língua inglesa, o desenvolvimento de projetos de turismo de observação de primatas e a criação e o fortalecimento de sociedades científicas nacionais são algumas dessas estratégias.

Em suma, são muitos os desafios que os primatólogos de hoje e amanhã precisam enfrentar. Busquemos inspiração e força na memória do Dr. Ademar Faria Coimbra-Filho (1924-2016), patriarca da primatologia brasileira e grande defensor de nossa biodiversidade, para vencê-los!

Finalizo parabenizando Maria Adélia Borstelmann de Oliveira, Renata Gonçalves Ferreira e Valdir Luna da Silva, editores deste 14º volume de A Primatologia no Brasil, cuja produção contribui para o enfrentamento dos desafios da primatologia latino-americana em geral e brasileira em particular.

Porto Alegre, 31 de julho de 2016.

Júlio César Bicca-Marques
Professor Titular
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Sociedade Brasileira de Primatologia (SBPr)

Fundada em 23 de janeiro de 1979, em 15 de outubro de 2005 passou a ser denominada oficialmente de Associação Brasileira de Primatologia (mas manteve a consagrada sigla SBPr e o nome fantasia original) a fim de manter a condição de pessoa jurídica sem fins lucrativos de acordo com o Novo Código Civil Brasileiro (Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002).

Directorias

1979-1980

Presidente: Fernando Dias de Ávila-Pires/

UNICAMP

Vice-Presidente: Pedro Henrique Saldanha/USP

Secretária-Geral: Célia Prizsknik Koiffmann/USP

2ª Secretária: Sueli Bonder Itskan Forshaid/USP

Tesoureiro: Ademar Faria Coimbra-Filho/CPRJ

Vice-Tesoureiro: Cory Teixeira de Carvalho/USP

Presidente: Célio Murilo de Carvalho Valle/

UFMG

Vice-Presidente: Alcides Pissinatti/CPRJ

Secretária-Geral: Maria Cristina Alves/UFMG

2ª Secretária: Cecília Torres/USP

Tesoureiro: Ilmar Bastos Santos/UFMG

Vice-Tesoureira: Carmen Samiguel Alonso/UFPB

1981-1982

Presidente: Bráulio Magalhães Castro/UnB

Vice-Presidente: Milton Thiago de Mello/UnB

Secretário-Geral: Mauricio de Pinho Gama/UnB

2ª Secretário: Paulo do Espírito Santo Saraiva/UnB

Tesoureiro: Castro Alves Junior/UnB

Vice-Tesoureira: Ana Dolabela de Lima/UnB

1987-1988

Presidente: Anthony Brome Rylands/UFMG

Vice-Presidente: Roberto da Rocha e Silva/CPRJ

Secretário-Geral: Eduardo Marcelino Veadó/Aline

Tristão Bernardes/UFMG

2ª Secretário: Edson da Rocha Frazão/INPA

Tesoureiro: Ilmar Bastos Santos/UFMG

Vice-Tesoureira: Rosa Maria Lemos de Sá/UnB

1983-1984

Presidente: Milton Thiago de Mello/UnB

Vice-Presidente: Célio Murilo de Carvalho Valle/

UFMG

Secretária-Geral: Doris dos Santos de Faria/UnB

2ª Secretário: Jair Nascimento Álvares/UFRN

Tesoureira: Maria Ângela Guimarães Feitosa/UnB

Vice-Tesoureira: Maria Paula Cruz Schneider/UFGA

1989-1990

Presidente: Maria Emília Yamamoto/UFRN

Vice-Presidente: Carmen Samiguel Alonso/UFPB

Secretário-Geral: Lucio Flavio Moreira/UFRN

2ª Secretário: Arrilton Araújo/UFRN

Tesoureira: Fátima Arruda/UFRN

Vice-Tesoureira: Maria Adélia Oliveira Monteiro da Cruz/UFRPE

1985-1986

1991-1994

Presidente: Horacio Schneider/UFPA
 Vice-Presidente: Stephen Francis Ferrari/UFPA
 Secretária-Geral: Aline da Rin Paranhos de Azevedo/MPEG
 2ª Secretária: Maria Iracilda Sampaio/MPEG
 Tesoureira: Maria Paula Cruz Schneider/UFPA
 Vice-Tesoureiro: Jose de Souza e Silva Junior/MPEG

1994-1995

Presidente: Carmen Samiguel Alonso/UFPB
 Vice-Presidente: Alcides Pissinatti/CPRJ
 Secretária-Geral: Maria Adélia Oliveira Monteiro da Cruz/UFRPE
 2ª Secretária: Maria de Fátima Freire Melo Ximenes/UFRN
 Tesoureira: Maria Bernardete Cordeiro de Souza/UFRN
 Vice-Tesoureira: Maria Fátima Arruda/UFRN

1995-1997

Presidente: Carmen Samiguel Alonso/UFPB
 Vice-Presidente: Alcides Pissinatti/CPRJ
 Secretária-Geral: Aurora Maria Figueiredo Costa
 2ª Secretária: Simone Porfírio de Souza/UFPB
 Tesoureiro: Pedro Jose de Souza Bias
 Vice-Tesoureira: Maria Adélia Oliveira Monteiro da Cruz/UFRPE

1997-1999

Presidente: Alcides Pissinatti/CPRJ
 Vice-Presidente: Sergio Lucena Mendes/MBML
 Secretária-Geral: Cristina Valéria Santos/USP
 2ª Secretária: Patrícia Izar/USP
 Tesoureira: Adriana Odália Rimoli/USP
 Vice-Tesoureiro: Jose Rimoli/USP

1999-2002

Presidente: Stephen Francis Ferrari/UFPA
 Vice-Presidente: Jose Augusto Pereira Carneiro Muniz/CENP (renunciou)
 Secretário-Geral: Humberto S. Ferreira/CENP (renunciou)
 2ª Secretária: Vanner Boere de Souza/UnB (assumiu a Secretaria-Geral)
 Tesoureiro: Jose Rimoli/UFPA
 Vice-Tesoureira: Honorly Kátia M. Correa/UFPA

2003-2005

Presidente: Julio César Bicca-Marques/PUCRS
 Vice-Presidente: Cristina Valeria Santos/UNISUL
 Secretária-Geral: Márcia Maria de Assis Jardim/FZBRS
 2ª Secretário: Marcos de Souza Fialho/IBAMA
 Tesoureira: Ana Alice Biedzicki de Marques/MMA
 Vice-Tesoureiro: Urbano Lopes Bobadilla/ULBRA

2005-2007

Presidente: Fabiano Rodrigues de Melo/UEMG-FAFILE
 Vice-Presidente: André Hirsch/PUC-MG
 Secretária-Geral: Claudia Costa/ PUC-MG e UNILESTE
 2ª Secretário: Luiz Gustavo Dias/BIODIVERSITAS
 Tesoureiro: Ítalo Mourthe/PG-ECMVS-ICB
 Vice-Tesoureira: Fernanda Tabacow/RPPN FMA

2007-2009

Presidente: Zelinda Maria Braga Hirano/FURB

Vice-Presidente: Rodrigo Cambará Printes/

ICMBio

Secretário-Geral: Gerson Buss/ICMBio

2ª Secretário: Mauricio Talebi Gomes/UNIFESP

Tesoureiro: João Marcelo Deliberador Miranda/

UFPR

Vice-Tesoureiro: Fabiano Rodrigues de Melo/

UFGO

2009-2011

Presidente: Fernando de Camargo Passos/UFPR

Vice-Presidente: Zelinda Maria Braga Hirano/

FURB

Secretário-Geral: Julio César de Souza Junior/

FURB

2ª Secretária: Maria Adélia Borstelmann de

Oliveira/UFRPE

Tesoureiro: João Marcelo Deliberador Miranda/

UFPR

Vice-Tesoureira: Luciana Zago da Silva/UFPR

2011-2013

Presidente: Maria Adélia Borstelmann de Oliveira/

UFRPE

Vice-Presidente: José de Souza e Silva Júnior/

MPEG

Secretário-Geral: Renata Gonçalves Ferreira

2º Secretário: Raone Beltrão Mendes

Tesoureiro: Valdir Luna da Silva/UFPE

Vice-Tesoureiro: Arrilton Araújo/UFRN

PARTE I

COGNIÇÃO

CAPÍTULO 1

The Remarkable Cognitive Complexity of Neotropical Primates

Charles T. Snowdon

Department of Psychology
University of Wisconsin
Madison, WI USA 53706

Snowdon@wisc.edu

Neotropical primates diverged from the primate lineage that led to human beings more than 35 million years ago and thus they should be considered as more primitive than those primates that were in the direct line to the evolution of humans. In fact, many authors attempting to understand human evolution appeal for parallels to our closest relatives, the great apes, and in a relatively recent review of primate cognition by Tomasello and Call (1997) only 8% of the text describes cognitive abilities in neotropical primates. Despite the emphasis of many primatologists on cognition in Old World primates and apes, there are many areas in which the cognitive abilities of New World primates equal or surpass the abilities of other primates.

In this chapter I will provide a selective review of several cognitive phenomena in New World primates including: spatial learning, long term memory, flexible use of vocalizations, rapid social learning, donating information, donating food, teaching, cooperation, tool use and culture. Following this brief review, I will consider some possible explanations and the predictions that arise from these explanations and conclude with some suggestions for future research directions.

Review of selected cognitive phenomena

Spatial learning and memory: Frugivorous primates need to be able to locate fruiting trees when they are in season and also travel between trees using the least amount of energy possible. In a series of studies on two species of tamarins (*Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis*) Garber and colleagues have shown that tamarins can select the nearest neighboring fruiting trees more often than would be predicted by chance and that animals move in straight line transects from tree to tree suggesting that the tamarins have a spatial map of fruiting trees within their home range (Garber, 1989). In an experimental study Garber and Dolins (1996) placed 16 novel feeding platforms within the home range of a group of *Saguinus mystax*, half of which were baited with bananas and found that tamarins rapidly learned to find the platforms with fruit significantly more often than chance. When a red flag was added as a landmark, performance increased to 100%, and when the array was rotated by 90°, performance was below chance on the first trial but quickly returned to above chance levels by the second trial. There is also likelihood of social learning or social facilitation in this study since tamarins were tested as a group. In a laboratory analog of this study Gaudio and Snowden (2008) tested cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) with an array of three alternatives with half of the animals having spatial location as the cue for the correct response and half having color as the cue. Animals trained to spatial cues made significantly fewer errors than those trained to color and, when cues were reversed, the former spatial cued animals made more errors and the former color cued animals made fewer errors. With a second reversal (original color cued animals back on color cues and original spatial animals on spatial cues) the initial pattern of errors reappeared with spatial cues being superior. This laboratory study supports the findings that spatial cues are important in natural foraging situations.

Long-term memory: There are several types of long-term memory: Object memory involves memory for specific objects or stimuli; Procedural memory involves memory for specific tasks or solutions; social memory involves memory for specific social partners or cues relating to those partners and episodic memory is for specific events, times and locations and is thought to be rare in

nonhuman animals. Most of the studies on memory in Old World primates cited in Tomasello and Call (1997) reported memories lasting for two days to one week, but the duration of memory is much longer in New World primates. For example, Laska et al. (1996) found that *Saimiri* show long term memory (up to seven months) for different odors. Gunhold et al. (2014, in review) have found that common marmosets (*Callithrix jacchus*) in captivity remember the procedural task to get food (push or pull) up to 3.5 years and wild *Callithrix* tested two years after training remembered the procedure they had initially learned. Matthews and Snowdon (2006) found that cotton-top tamarins remembered the calls of former relatives from whom they had been separated for up to 5.5 years with no change in response with time since separation. And K. B. Strier (personal communication) has reported that Northern muriquis (*Brachyteles hypoxanthus*) demonstrate episodic memory by returning to fruiting *Mabea* trees each year at the same time. Thus with each type of memory, New World primates remember things for much longer than has been tested in other primates.

Flexible use of vocalizations: Many authors have noted that primates appear to differ from many other taxa in not demonstrating vocal learning. This has been puzzling to those trying to understand the evolution of human language since song birds and some other birds, as well as bats, dolphins and elephants appear capable of vocal learning and yet nonhuman primates are not capable of vocal learning. Many scientists have also argued that primate calls are specific to contexts and cannot be used flexibly with learning and practice of little importance. However, this is not true for New World monkeys. To illustrate let me use some examples from the pygmy marmoset, *Cebuella pygmaea*. These monkeys have four types of contact calls that appear to be used in similar contexts but have very different structure: Quiet Trills, Trills, J-calls and Long Calls. These calls differ in terms of how far they can be transmitted through the habitat and in terms of the cues they provide for localizing sound. Since vocal communication provides information not only to group members but to potential predators, it would be wise to use cryptic sounds when animals are close to each other and to increase features used for sound localization only when

individuals are fairly far apart. In two separate studies one in Peru (Snowdon and Hodun, 1981) and one in Ecuador (de la Torre and Snowdon, 2002), this hypothesis has been supported. That is, marmosets use cryptic forms of contact calls when close together and only use the more noticeable forms of calls when they are at a distance from other group members. These monkeys are adjusting the structure of their calls according to how far they perceive themselves to be from other monkeys.

Pygmy marmosets also have an unusual vocal behavior that we have called pygmy marmoset babbling (Elowson et al., 1998). Infants produce long sequences of calls that can last several seconds or even minutes. These sequences are made up of most of the call types that are used by adults though many are in imperfect form relative to adult structure. Calls are sequenced without regard to the function they would have for adults- thus a food call might be followed by two or three alarm calls which will be followed by a few contact calls and then some threat calls. In addition when infants produced these long sequences they were more likely to be picked up by adult caregivers. All of these are remarkably similar to the babbling of human infants. Babbling in both species is universal, appears at an early age, is rhythmic and repetitive, includes a subset of adult sounds, with the majority of sounds recognizable from the adult repertoire, with the sounds being unrelated to context and eliciting social interactions.

In addition, babbling in pygmy marmosets appears to be related to vocal learning with the quality of trill vocalizations at 5 months correlated with the amount and diversity of babbling seen over the first five months (Snowdon and Elowson, 2001). In addition trill structure developed slowly through development with different parameters of trill reaching adult levels at different ages and fully adult forms of trills appearing only after puberty. We found a similar result in cotton-top tamarin food calls (Roush and Snowdon, 1994, 1999) with infants and juveniles using poorly formed food calls and adding other calls as well in feeding contexts until after puberty. Thus vocal practice appears to influence call structure and some aspects of calls do not appear in adult form until relatively late in development.

We also found (Snowdon and Elowson, 1999) that pygmy marmosets show convergence of trill structure when social environments change. We recorded trills from males and females prior to being paired and then over the first six weeks after pairing and again three years after pairing. Animals had trill structures that differed from each other prior to pairing but within six weeks the male and female of each pair had converged to very similar structures and when recorded three years later pair members still had similar trill structure. Thus New World primates are able to modify the structure of their vocal signals through development and when social environments are changed

There are other examples of flexibility in signals. Captive cotton-top tamarins produce predator alarm calls when first exposed to noxious foods (Snowdon and Boe, 2003) and also give mobbing calls to veterinarians and cleaning equipment, but not to natural predators like snakes (Campbell and Snowdon, 2007). Adult pygmy marmosets also produce infant babbling when they are subordinate in a conflict situation. All of these examples suggest that New World primates have more flexible communication systems than have been assumed based on research with Old World primate species.

Rapid social learning: Social learning can also occur quite rapidly. Cotton-top tamarins were presented with a novel foraging apparatus with five possible foraging sites but, although all five were baited with food, only one could be opened (Moscovice and Snowdon, 2006). One individual of each of 8 pairs was trained individually on this task and it took several trials for them to learn both the novel motor action and the correct location. Once the task was learned the mate was tested with the knowledgeable partner and all social learners mastered the novel motor task and learned the correct site within 1-3 trials even though they obtained no food. When tested 17 months later, all tamarins, both individual learners and social learners, remembered the motor task and very quickly relearned which of the five containers was rewarded.

There has been little evidence in nonhuman primates of social learning to avoid noxious food whereas rats and birds demonstrate this well. Snowdon and Boe (2003) tested tamarins with a familiar and highly preferred food (tuna fish) that had been mixed with white pepper that made it aversive. Only a third

of the tamarins ever sampled the food and a third of the animals continued to refuse to eat the tuna later on when pepper was no longer being added. This is a long-term socially-induced aversion to noxious food. The monkeys who sampled the noxious tuna gave increased alarm calls and decreased food calls and also showed facial reactions of disgust (mouth wiping, retching, etc.). A similar study on capuchin monkeys using white pepper added to mozzarella cheese (Visalberghi and Addessi, 2000) failed to find any evidence of social learning of a food aversion. Each monkey had to learn individually and the authors also found no evidence of changes in communication (calls or facial expressions) that might have signaled aversions.

Donating information: Some researchers have argued that communication among animals is manipulative and not about communicating honest information, yet we have already seen that tamarins communicate honestly about noxious foods. Tamarins also communicate positively about high quality foods with Elowson et al. (1991) showing that the number of food calls an individual gives to different foods is directly related to its own preference ranking of those foods. A manipulative animal might be expected to give false information about food quality. A few Old World primate species give specific types of alarm calls to specific types of predators and these results have interpreted as indicating that monkeys have the equivalent of “words”. We have good evidence for similar results in New World monkeys especially in capuchin monkeys. For example, Digweed et al (2005) found different alarm calls given to birds, snakes and tayras with the calls structure accurately predicting the predator type on 79% on 193 alarm events. Bird and snake alarms predicted the correct predator type on 97% of events. Capuchin monkeys appear to communicate about predator type in a highly reliable way.

Donating food: The presence of calls that communicate accurately about food quality creates an interesting question. Why should animals share information about food with others? Even more perplexing is why animals should share food with others. In Callitrichids food sharing is commonly observed in many species (Rapaport and Brown 2008) and may have value in helping young become independent foragers at the time of weaning (see Teaching

below). However, adult marmosets also donate food even when they cannot obtain any food themselves. Burkart et al. (2007) used an apparatus with two trays that could be selected by an actor. One tray had no food and the other tray had food for a neighbor but none for the actor. Animals were tested with and without a neighbor present in an adjoining cage. Marmosets selected the tray with food for the neighbor significantly more often when the neighbor was present than when the neighbor was absent. The magnitude of the effect was small with donation occurring on about 55% of the trials, but the results contrast greatly with similar studies done on chimpanzees, where chimpanzees did not donate food to a neighbor even when the actor could receive food itself (Silk et al. 2005; Vonk et al. 2008). Prosocial behavior has been reported in capuchin monkeys as well in the condition where the actor also receives food (Lakshminarayanan and Santos, 2008; Takimota et al. 2010), but results in macaques have been similar to the results with chimpanzees (Burkart and van Schaik 2013). Thus New World primates appear to be more prosocial than Old World monkeys and apes that have been tested under similar conditions

Teaching: Food sharing between adults and infants provides an opportunity for teaching to develop. Caro and Hauser (1992) defined teaching as the modification of behavior in the presence of a pupil at a cost to the teacher that results in a change in the behavior of the pupil. They distinguished between “opportunity teaching” where adults create an opportunity for a pupil to learn and “coaching” where adults actively encourage (or discourage) a behavior in pupils. Food transfers between adults and young in marmosets and tamarins provide a good example of “coaching”. Food sharing occurs in many species and in captive cotton-top tamarins, a specific vocalization is used (a more rapid, longer sequence of food calls than used between adults) when adults are willing to share food with infants. These special food calls and food sharing begin prior to the time of weaning and decline as the infants are able to find food on their own (Joyce and Snowdon 2007). Infants for whom food sharing begins earlier are found to forage independently at an earlier age than infants for whom food sharing begins later. Thus, behavior is altered in the presence of a learner,

the adult loses some food it might otherwise eat and the behavior of the pupil changes with this experience.

We also tested juveniles who were completely independent foragers with a novel foraging task that the parents knew how to solve (Humle and Snowdon, 2008). The adults began to again give special food calls and shared food with juveniles, but as soon as the juvenile solved the foraging task on its own, the parents stopped giving the vocalization and stopped sharing food. We also observed times when the adult would deliberately hold open the foraging apparatus and wait until the juvenile came to take the food. This suggests more than coaching is involved and that adults adjust their behavior according to the skill level of their offspring, a behavior known as “scaffolding”. Similar results have been found in wild golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*) with adults showing scaffolding behavior and reducing their support of young as the young acquire skills (Rapaport, 2006, Rapaport and Ruiz-Miranda 2002).

In contrast to this teaching in tamarins, there has been little evidence of teaching in chimpanzees. Adult chimpanzees share only the husks and rinds of fruit with their offspring (Ueno and Matzuzawa, 2004) and in a field study of mothers and infants foraging for aggressive army ants, we found no evidence that mothers gave any help or showed any coaching of their infants (Humle et al. 2009). With teaching we have another example of the clear cognitive advantages of New World primates.

Cooperation: Behavioral cooperation between animals to solve a task is relatively rare in primates with evidence from great apes suggesting that it occurs only with coercion of a subordinate animal (e.g. Chalmeau, 1994) or with tokens rather than food. Yet there is good evidence that cooperative problem solving occurs readily in both tamarins and capuchin monkeys. Cotton-top tamarins readily learned to solve a task that required both individuals to work simultaneously. The apparatus was a clear plastic box with two trays- one extending from each side and holes in the trays would line up whenever both trays were pulled simultaneously to allow food to drop for the animals to retrieve. Elastic bands prevented an animal from pulling the tray on one side and then moving to the other side to pull the tray. Tamarin pairs quickly learned to coordinate their behavior with

each other and responded correctly 99% of the time when both animals received rewards (Cronin et al. 2005). Often one animal would pull out its tray and hold it until the partner would respond. When we separated animals from each other, the animal remaining with the apparatus showed interest in it but did not try to pull a tray until its partner was returned indicating that the animals have an understanding of the need for a partner. When only one animal was rewarded on a trial, performance remained at a high level of 76% even when a week or more elapsed between the animals getting rewarded (Cronin and Snowdon, 2008).

Results have been more variable with capuchin monkeys with one research group (Visalberghi et al., 2000) failing to find anything more than random solutions to the task and another group (Mendres and de Waal, 2000; de Waal and Berger, 2000) reported successful cooperation although the performance is less successful than seen in tamarins. Nonetheless, cooperation to solve a common task is much more evident among New World primates than other primates.

Tool use: Tool preparation and use is one of the cognitive characteristics of chimpanzees that makes them appear similar to humans (e.g. Whiten et al. 1999). Although capuchin monkeys have been known to use tools in captive settings, only recently have systematic observations of wild capuchins shown a sophistication of tool use that matches chimpanzees. Frigaszy et al. (2004) observed stone tool use in a semi-terrestrial population at Fazenda Boa Vista in Piaui, Brasil. Both male and female capuchins were observed to use stone hammers to crack palm nuts on anvils. Hammer stones weighed between 19 and 50% of the user's weight and hammer stones were not present in the immediate area suggesting they had been transported by the monkeys over some distance. Anvil stones showed signs of repeated use over time. Originally it was thought that the use of stone tools to crack nuts was an adaptive response to limited food resources, but subsequent work (Ottoni and Izar 2008) showed that tool use is not due to limited food resources and another population at Serra da Capivara Park not only uses stone tools for digging roots, but breaks off sticks from trees and modifies them for use as probes, much as chimpanzees do for ant dipping and termite fishing. The main differences

between capuchins and chimpanzees are that male capuchins use stone tools more than females and are more likely to crack high resistance nuts. However, overall efficiency is the same in both sexes ((Spagnoletti et al. 2011).

Culture: Population specific differences in behaviors that are not easily explained by genetic or ecological differences are often referred to as culture. Much has been made of the potential for culture in chimpanzees (e.g. Whiten et al. 1999), and there is also evidence of culture in capuchin monkeys where unusual and population specific behaviors such as hand sniffing and eyeball poking have been documented (Perry et al., 2003).

Another example of population differences in behavior is in pygmy marmosets where there are distinct vocal dialects within each of five populations in the Ecuadorian Amazon spanning a range of 250 km east to west and about 150 km north to south (de la Torre and Snowdon, 2009). Both the Trill and J-call vocalizations described earlier were found to have systematic differences in each of the five populations sampled. In each population we measured the frequency range and intensity of ambient noise and broadcast tones and pulses of different frequencies and rates of repetition to evaluate the degree of reverberation. We found no consistent effects of habitat acoustics that would explain the population differences on the basis of local adaptation to the habitat and efforts to determine genetic differences between populations based on available primers have so far ruled out the possibility of genetic variation accounting for the difference. However, as mentioned before social influences do lead marmosets to change their call structure suggesting that cultural differences may account for the differences in call structure in each population. An additional study documented the primary sources used for exudates feeding by the same populations of marmosets and the results also support an interpretation of culture. Yépez et al. (2005) found that each of the five populations had a preferred tree species that they used for exudate feeding but all preferred species were found in all habitats and the most preferred exudates species in each population was not the most abundant of the species in that habitat. Thus, there appear to be local, population traditions in each population about what trees to use for exudates feeding.

How do we explain the abilities of Neotropical primates?

I suggest five potential explanations for the cognitive complexity seen in neotropical primates. I will evaluate each of these explanations and derive predictions for future research results that could validate these explanations.

First, researchers of neotropical primates are smarter or more creative: It is possible that scientists studying New World primates have been more creative or clever in developing methods used in field studies of primate cognition. It is also possible that scientists studying New World primates have been more interested in cognitive processes than scientists studying other primates (although this seems unlikely). However, historically most research on cognition began with captive animals with apes and Old World monkeys the primary species studied and it is possible that there has been relatively little innovation in these historic paradigms. This explanation leads to the prediction that if the methods that have been developed for use with New World primates were adapted for use with Old World primates and apes, there would be evidence of increased cognitive complexity for these species as well.

Second, Burkart and van Schaik (2010) have proposed the cooperative breeding hypothesis, suggesting that cooperative breeding systems lead to increased cognitive skills. They argue (following Snowdon 2001) that cooperative breeding requires better communication skills to coordinate behavior and more attention paid to other group members. These lead in turn to faster social learning and more cooperation and prosocial behavior. Burkart and van Schaik suggest that there are increases in cognition not only in the social domain but in physical cognition as well. Since the only cooperatively breeding species are humans and Callitrichids, the apparent cognitive complexity of New World primates would be an artifact of breeding system and not anything special about New World primates, per se. However, many of the findings that I have reviewed here are from species that are not cooperative breeders and this questions the validity of the cooperative breeding hypothesis for explaining all the cognitive complexity seen in New World primates. However, most of the data relating to teaching, social learning and cooperation are from cooperatively breeding primates so this explanation may account for some of the results. The prediction from this explanation is that

similar findings should be seen in other cooperatively breeding species such as meerkats, wolves and cooperatively breeding birds. A particularly effective test of this hypothesis would be to compare species from the same taxa that have different breeding systems such as comparing dogs with wolves.

Third, complex cognition may result from omnivory. The clearest evidence of cognitive complexity is seen in species that have omnivorous diets. It may be the case that primates that have to forage on a wide range of food types and, therefore, have to develop a broad range of foraging and food extractive skills also require complex cognitive systems to remember the timing of fruiting, the location of different foods and the different skills needed to catch or extract different foods. This could account for long term memory, rapid spatial learning, the emergence of tool use skills and possibly social learning to acquire information efficiently from others. The main prediction from this explanation is that species with omnivorous diets should have greater cognitive complexity than those with mainly herbivorous diets independent of phylogenetic status.

Fourth, arboreal living may lead to increased cognitive complexity. The primary study species among Old World and great ape species are predominantly terrestrial animals. Terrestrial species are easier to observe and the focus of much primate field research on these species has been on social relationships and social behavior rather than on other aspects of cognition. All New World primates are arboreal and being able to study social organization and social structure is more difficult when animals are hard to observe and many group members are out of sight. Thus, researchers of neotropical primates may have focused attention more on cognitive tasks. In addition, arboreal animals must cope with a three-dimensional world instead of the predominantly two-dimensional world of terrestrial primates. Coping with a three dimensional world requires greater sensorimotor coordination and conceptualization of territory or home range in three dimensions, rather than two. Furthermore, complex spatial knowledge is needed to find a route from one tree to another through three dimensions. Thus animals in a three dimensional world might show better detour behavior and more complex spatial learning and spatial memory. This leads to a prediction that studies of predominantly arboreal Old World species should

demonstrate similar cognitive abilities to those seen with New World species.

Fifth, adaptation to captivity may have an important influence on how we understand cognition. We have the most information from species that adapt well to captivity, certain species of marmosets and tamarins and capuchin monkeys among New World species but also macaques, baboons and chimpanzees among Old World primates and apes. Thus, much of what we know about cognition is based on a small number of species. Nonetheless, clever field studies have been done involving spatial maps, memory, tool use, teaching and culture and many of these field studies have been with New World species. The main prediction from this explanation is that the study of a greater number of species will lead us to discover a much greater range of primate cognitive abilities than we know about today.

Conclusions and future directions

Neotropical primates display a wide range of cognitive abilities that equal or surpass those found in other monkeys and apes. However, reviews of cognition in nonhuman primates often ignore or downplay the skills of neotropical primates and theories about the evolution of human behavior all too often reference the abilities of our closest relatives, the great apes, rather than considering the evidence available from converging evolutionary processes that would involve knowing more about New World primates. Although I offered several possible explanations for the cognitive abilities of New World primates, no single explanation is completely satisfactory and there is some value to each of them. However, the various explanations each have clear predictions that should be tested through further research. In particular, we need to know if methods for a research questions developed with New World primates can be applied to other primate species; whether other cooperatively breeding mammals show the same social and cooperative skills of cooperatively breeding primates; whether other omnivorous or extractive foragers will show similar cognitive behavior to capuchin monkeys; and whether studies of cognition in arboreal species of Old World primates will show similar results to those seen in New World primates. In the future we need more studies of cognition of a greater variety of species that face differing ecological challenges in order to

develop a comprehensive account of primate cognition. We need additional innovative field studies to provide ecological validity to results obtained in captivity. Finally, research methods developed for field work with New World primates might lead to new and interesting results with Old World primates. This has the potential to make New World primates less special but would lead to a better overall understanding of primate cognition and the evolutionary bases of human cognition.

REFERENCES

- Burkart, J. M., Fehr, E., Efferson, C. and van Schaik, C. P. 2007. Other-regarding preferences in a non-human primate: common marmosets provision food altruistically. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.*, 104, 19762-19766.
- Burkart, J. M. and van Schaik, C. 2010. Cognitive consequences of cooperative breeding in primates, *Animal Cognition*, 13, 1-19.
- Burkart, J. M. and van Schaik, C. 2013. Group service in macaques (*Macaca fuscata*), capuchins (*Cebus apella*) and marmosets (*Callithrix jacchus*): A comparative approach to identifying prosocial motivations. *Journal of Comparative Psychology*, 127, 212-225.
- Campbell, M. W. and Snowdon, C. T. 2007. Vocal response of captive-reared *Saguinus oedipus* during mobbing, *International Journal of Primatology* 28, 257-270.
- Caro, T. M. and Hauser, M. D. 1992. Is there teaching in nonhuman animals? *Quarterly Review of Biology*, 67, 151-174.
- Chalmeau, R. 1994. Do chimpanzees cooperate in a learning task? *Primates*, 35, 385-392.
- Cronin, K. A., Kurian, A. V. and Snowdon, C. T. 2005. Cooperative problem solving in a cooperatively-breeding primate, the cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus*). *Animal Behaviour*. 69: 133-142.
- Cronin, K. A. and Snowdon, C. T. 2008. The effects of unequal reward distributions on cooperative problem solving by cottontop tamarins (*Saguinus oedipus*). *Animal Behaviour*, 75, 245-257.
- De la Torre, S. and Snowdon, C. T. 2002. Environmental correlates of vocal communication of wild pygmy marmosets, *Cebuella pygmaea*. *Animal Behaviour* 63: 847-856.
- De la Torre, S. and Snowdon, C. T. 2009. Dialects in pygmy marmosets? Population variation in call structure, *American Journal of Primatology*, 71, 333-342.

- Digweed, S. M., Fedigan, L. M. and Rendall, D. 2005. Variable specificity in the anti-predator vocalizations and behaviour of the white-faced capuchin (*Cebus capucinus*). *Behaviour*, 142, 997-1021.
- Elowson, A. M., Tannenbaum, P. L. and Snowdon, C. T. 1991. Food associated calls correlate with food preferences in cotton-top tamarins. *Animal Behaviour*, 42: 931-937.
- Elowson, A. M., Snowdon, C. T. and Lazaro-Perea, C. 1998. Infant “babbling” in a nonhuman primate: Complex sequences of vocal behavior. *Behaviour*, 135: 643-664.
- Fragaszy, D. M., Izar, P., Visalberghi, E., Ottoni, E. B. and de Oliveira, M. G. 2004. Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. *American Journal of Primatology*, 64, 359-366.
- Garber, P. A. 1989. Role of spatial memory in primate foraging patterns: *Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis*. *American Journal of Primatology*, 19, 203–216.
- Garber, P. A. and Dolins, F. L. 1996. Testing learning paradigms in the field: Evidence for use of spatial and perceptual information and rule based foraging in wild mustached tamarins. In M. A. Norconk, A. L. Rosenberger and P. A. Garber (Eds.), *Adaptive Radiations of Neotropical Primates* (pp. 201–216). New York: Plenum.
- Gaudio, J. L. and Snowdon, C. T. 2008. Spatial cues more salient than color cues in cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus*) reversal learning. *Journal of Comparative Psychology*, 122: 441-444.
- Gunhold, T., Massen, J. J. M., Schiel, N., Souto, A. and Bugnyar, T. 2014. Memory, transmission and persistence of alternative foraging techniques in wild common marmosets. *Animal Behaviour*, 91, 79-91.
- Gunhold, T. and Bugnyar, T. (in review) Long-term fidelity of foraging techniques in common marmosets (*Callithrix jacchus*).
- Humle, T. and Snowdon, C. T. 2008. Socially biased learning in the acquisition of a complex foraging task in juvenile cottontop tamarins (*Saguinus oedipus*) *Animal Behaviour*.75: 267-277.
- Humle, T., Snowdon, C. T. and Matsuzawa, T. 2009. Social influences on the acquisition of ant dipping among the wild chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) of Bossou, Guinea, West Africa. *Animal Cognition*. 12: S37-S48.
- Joyce, S. M. and Snowdon, C. T. 2007. Developmental changes in food transfers in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *American Journal of Primatology*.69: 955-965.
- Lakshminarayanan, V. R. and Santos, L. R. 2008. Capuchin monkeys are sensitive to others’ welfare. *Current Biology*, 18, R999-R1000.

- Laska, M., Alicke, T. and Hudson, R. 1996. A study of long-term odor memory in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *Journal of Comparative Psychology*, 110, 125-130.
- Matthews, S. A. and Snowdon, C. T. 2011. Long-term memory for calls of relatives in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Journal of Comparative Psychology*, 125, 366-369.
- Mendres, K. A. and de Waal, F. B. M. 2000. Capuchins do cooperate: the advantages of an intuitive task. *Animal Behaviour*, 60, 523-529.
- Moscovice, L. R. and Snowdon, C. T. 2006. The role of social context and individual experience in novel task acquisition in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *Animal Behaviour* 71, 933-943.
- Otoni, E.B. and Izar, P. 2008. Capuchin monkey tool use: Overview and implications. *Evolutionary Anthropology* 17:171-178.
- Perry, S., Baker, M., Fedigan, L., Gros-Louis, J., Jack, K., MacKinnon, K. C., Manson, J. H., Panger, M., Pyle, K. and Rose, L. 2003. Social conventions in wild white-faced capuchin monkeys: evidence for traditions in a neotropical primate. *Current Anthropology*, 44, 241-268.
- Rapaport, L.G. 2006. Provisioning in wild golden lion tamarins: benefits to omnivorous young. *Behavioral Ecology* 17, 212-221.
- Rapaport, L.G. and Ruiz-Miranda C.R. 2002. Tutoring in wild golden lion tamarins. *International Journal of Primatology*, 23:1063-1070.
- Rapaport, L. G. and Brown, G. R. 2008. Social influences on foraging behavior: in young nonhuman primates: learning what, where, and how to eat, *Evolutionary Anthropology*, 17, 189-201.
- Roush, R. S. and Snowdon, C. T. 1994. Ontogeny of food associated calls in cotton-top tamarins. *Animal Behaviour*, 47:263-273.
- Roush, R. S. and Snowdon, C. T. 1999. The effects of social status on food-associated calling behavior in captive cotton-top tamarins, *Animal Behaviour*, 58: 1299-1305
- Silk, J. B., Brosnan, S. F., Vonk, J., Henrich, J., Povinelli, D. J., Richardson, A. S., Lambeth, S. P., Mascaró, J. and Schapiro, S. J. 2005. Chimpanzees are indifferent to the welfare of unrelated group members. *Nature*, 437, 1357-1359.
- Snowdon, C. T. 2001. Social processes in communication and cognition in Callitrichid monkeys. *Animal Cognition*, 4: 247-257.
- Snowdon, C. T. and Hodun, A 1981. Acoustic adaptations in pygmy marmoset contact calls: Locational cues vary with distance between conspecifics. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 9: 295-300.

- Snowdon, C. T. and Elowson, A. M. 1999. Pygmy marmosets alter call structure when paired. *Ethology*, 105: 893-908.
- Snowdon, C. T. and Elowson, A. M. 2001. "Babbling" in pygmy marmosets: Development after infancy. *Behaviour* 138: 1235-1248.
- Snowdon, C. T. and Boe, C. Y. 2003. Social communication about unpalatable foods in tamarins. *Journal of Comparative Psychology*, 117: 142-148.
- Spagnoletti N., Visalberghi, E., Ottoni, E., Izar, P. and Frigaszy, D. 2011. Stone tool use by adult wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*). Frequency, efficiency and tool selectivity. *Journal of Human Evolution*, 61, 97-107.
- Takimoto, A., Kuroshima, H. and Fujita, K. 2010. Capuchin monkeys (*Cebus apella*) are sensitive to others' reward: an experimental analysis of food-choice for conspecifics. *Animal Cognition*, 13, 249-261.
- Tomasello, M. and Call, J. 1997. *Primate Cognition*, New York, Oxford University Press.
- Ueno, A. and Matsuzawa, T. 2004. Food transfer between chimpanzee mothers and their infants *Primates*, 45:231-239.
- Visalberghi, E. and Addessi, E. (2000). Response to changes in food palatability in tufted capuchin monkeys, *Cebus apella*. *Animal Behaviour*, 59, 231-238.
- Visalberghi, E., Pellegrini Quarantotti, B. and Tranchida, F. 2000. Solving a cooperation task without taking into account the partner's behavior: the case of capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 114, 297-301.
- Vonk, J., Brosnan, S. F., Silk, J. B., Henrich, J., Richardson, A. S., Lambeth, S. P., Schapiro, S. J. and Povinelli, D. J. 2008. Chimpanzees do not take advantage of very low cost opportunities to deliver food to unrelated group members. *Animal Behaviour*, 75, 1757-1770.
- de Waal, F. B. M. and Berger, M. L. 2000. Payment for labour in monkeys. *Nature*, 404, 563.
- Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W.C., Nishida, T., Reynolds, V., Sugiyama, Y., Tutin, C.E.G., Wrangham, R.W. and Boesch, C. 1999. Cultures in chimpanzees. *Nature* 399:682-685.
- Yepez, P., de la Torre, S. and Snowdon, C. T. 2005. Inter-population differences in exudate feeding of pygmy marmosets in Ecuadorian Amazonia, *American Journal of Primatology*, 66:145-158.

CAPÍTULO 2

Memória espacial no forrageio do sagui-comum (*Callithrix jacchus*) em uma parcela de alimentação artificial

Lígia de Oliveira Revorêdo¹; Carla Soraia Soares de Castro²; Júlio César Bicca-Marques³.

¹Bacharelado em Ecologia - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Av. Senador Salgado Filho, s/n - Lagoa Nova. CEP: 59078-900. Natal/RN/Brasil. ligiarevoredodo@gmail.com

²Departamento de Engenharia e Meio Ambiente - Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, Litoral Norte. Rua Manoel Gonçalves, s/n. Rio Tinto/PB/Brasil. CEP: 580270-000. csscastro9@gmail.com

³Faculdade de Biociências - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Av.

Ipiranga, 6681 Prédio 12A. Porto Alegre/RS/Brasil. CEP: 90619-900. jcbicca@pucrs.br

ABSTRACT

The common marmoset (*Callithrix jacchus*) is an omnivorous primate, whose exploitation of sources of gum and fruit may be improved by using spatial memory and adopting a win-return foraging rule. The ability of a free-ranging group of common marmosets to encode and recall spatial information for adopting the win-return rule during foraging in an artificial Feeding Station (FS) was tested using an experimental protocol. The FS was composed of eight platforms arranged in a circular arrangement, two of which were reward platforms (RPs) baited with bananas. The remaining six platforms did not contain a food reward (non-reward platforms, NRPs; probability of 25% of locating the food rewards by chance). The information (visual: banana exposed on RPs *vs.* fake bananas on NRPs; olfactory: RPs released banana smell, while NRPs did not; spatial: location of RPs kept constant throughout the experiment) available to the marmosets was manipulated in three experiments conducted for a total of 80 days from May/2011 to January/2012. The marmosets showed a performance above chance level in two

experiments with predictable location of RPs by adopting the win-return rule, confirming their ability to encode and recall information on the location of food sources to increase the efficiency of foraging.

Key-words: cognitive ecology; foraging rules; mental map; win-return; common marmoset.

RESUMO

O sagui-comum (*Callithrix jacchus*) é um primata onívoro, cuja exploração de fontes de goma e frutos pode ser otimizada pela memória espacial e adoção da regra de forrageio *win-return*. A habilidade de um grupo de sagui-comum de vida livre para codificar e recordar informação espacial para adoção da regra *win-return* durante o forrageamento em uma Estação de Alimentação (EA) artificial foi testada usando um protocolo experimental. A EA era composta por oito plataformas dispostas em arranjo circular, sendo duas de recompensa (PRs) iscadas com bananas. As demais seis plataformas não continham recompensa alimentar (plataformas sem recompensa, PSRs; probabilidade de 25% de localização das recompensas de alimento ao acaso). A informação (visual: banana exposta em PRs vs. bananas falsas em PSRs; olfativa: PRs liberando cheiro de banana, enquanto PSRs não; espacial: localização de PRs mantida constante durante todo o experimento) disponível para os saguis foi manipulada em três experimentos conduzidos em um total de 80 dias a partir de maio/2011 a janeiro/2012. Os saguis apresentaram desempenho acima do acaso em dois experimentos com localização previsível de PRs ao adotar a regra *win-return*, confirmando sua habilidade em codificar e recordar informações sobre localização das fontes alimentares para aumentar a eficiência do forrageio.

Palavras-chave: Ecologia cognitiva; mapa mental; regras de forrageio; *win-return*.

INTRODUÇÃO

Em geral, as fontes alimentares exploradas pelos primatas representam recursos esgotáveis que oscilam em relação à produtividade e taxa de renovação e cuja exploração pode ser otimizada pelo uso de informações ecológicas no

desenvolvimento de regras de forrageio (BICCA-MARQUES, 2005; GARBER, 1989). Dentre essas informações, destacam-se as dicas perceptivas (*e.g.*, visão, olfato e audição), espaciais (localização das parcelas alimentares) e quantitativas (quantidade de alimento disponível; BICCA-MARQUES & GARBER, 2004). Portanto, as habilidades cognitivas desempenham um papel integral em todos os aspectos do processo de forrageio (CANT & TEMERIN, 1984).

Segundo Garber (1989), a escolha das regras de forrageio pelos primatas é influenciada pelas características das árvores de alimentação que são exploradas. Sendo assim, diferentes regras devem ser aplicadas para a utilização eficiente do conhecimento da distribuição espacial dos recursos que têm padrões temporais distintos de renovação.

A regra *win-return* define que os indivíduos devem retornar a uma determinada mancha após uma alimentação bem-sucedida. Essa regra é de grande importância para a exploração de recursos abundantes e de longa duração. Por outro lado, a regra *win-shift* é apropriada quando a exploração resulta em depleção de um recurso que possui baixa taxa de renovação. Consequentemente, os forrageadores devem evitar revisitar uma mancha com estas características no futuro próximo, mesmo após um evento de alimentação bem-sucedido. Por fim, a exploração eficiente de recursos que apresentam rápida taxa de renovação pode requerer a adoção de uma regra *lose-return* pelos forrageadores, cuja probabilidade de encontro de alimento em uma mancha de alimentação esgotada no futuro próximo pode ser alta (BICCA-MARQUES, 2005; GARBER, 1989; GABER & DOLINS; 1996).

O sagui-comum, *Callithrix jacchus*, representa um bom modelo para testar o uso de informações ecológicas na tomada de decisões de forrageio. Essa espécie possui uma dieta generalista composta basicamente por exsudatos vegetais (goma, resinas e látex), frutos e invertebrados (STEVENSON & RYLANDS, 1988), cuja exploração eficiente requer a sua associação com informações ecológicas particulares e a adoção de diferentes regras de forrageio. Enquanto a exploração de árvores gomíferas pode ser beneficiada por uma regra *lose-return*, o forrageio por presas animais pode requerer uma regra *win-shift* e a exploração de árvores frutíferas altamente produtivas, uma regra *win-return* (BICCA-MARQUES, 2005).

Neste estudo, avalia-se o uso de informação espacial (localização constante da fonte alimentar) e a adoção da regra *win-return* na tomada de decisões de forrageio por um grupo social de saguis-comuns de vida livre durante a exploração de uma parcela de alimentação artificial que simula uma árvore frutífera.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de maio de 2011 a janeiro de 2012 (80 dias não consecutivos de esforço amostral) no Parque Estadual Dunas do Natal (5°48'S, 35°12'O), cidade de Natal, Rio Grande do Norte. O Parque é uma Unidade de Conservação (UC) Estadual que possui uma área total de 1.172 ha com formação vegetal dominante de Floresta Atlântica, sendo 7 ha representados pela área pública onde há mais de 1000 árvores de espécies nativas e exóticas (FREIRE, 1990).

O estudo envolveu a construção de uma Estação de Alimentação (EA) artificial na área de vida de um grupo de saguis composto, no início da pesquisa (maio/2011), por cinco indivíduos (um macho adulto reprodutor, uma fêmea adulta reprodutora, uma fêmea subadulta e dois infantes). Ao final da pesquisa (janeiro/2012), o grupo continha nove indivíduos, devido a dois nascimentos de gêmeos.

O casal de adultos reprodutores e a fêmea subadulta foram capturados individualmente em períodos distintos em armadilhas com cinco compartimentos isolados por tela e portas com fechamento manual por meio de fios de nylon. Bananas foram usadas como isca no interior de cada compartimento. As capturas foram realizadas após os saguis estarem habituados a entrar nos compartimentos para comer as bananas. Após cada captura a armadilha era coberta com um lençol e transportada para o Laboratório de Zoologia do Parque.

Os saguis foram sedados com 0,05 ml de ketalar, pesados, medidos, avaliados quanto ao estado reprodutivo e marcados com colares de contas coloridas para identificação individual. Além disso, cada indivíduo teve os pelos de diferentes regiões do corpo tingidas de amarelo ouro com ácido pícrico e diferentes regiões da cauda marcadas com tricotomia para auxiliar na identificação. Por fim, o número do indivíduo foi tatuado na parte interna de sua coxa direita.

Os saguis foram mantidos no interior da armadilha no laboratório, com acesso a fruto e água *ad libitum*, até a cessação do efeito da sedação. Após a reabilitação os saguis foram soltos no mesmo local da captura e o grupo foi observado até o seu recolhimento na árvore de dormir para confirmar a reintegração do indivíduo ao grupo.

Os dados do comportamento de forrageio do casal de adultos reprodutores e da fêmea subadulta foram coletados pelo método de “todas as ocorrências” (ALTMANN, 1974). O registro dos dados iniciava quando os saguis se aproximavam da EA e inspecionavam/visitavam as plataformas (Figura 1). Foram anotados os horários e as direções de chegada e de saída do grupo na EA, os horários de chegada e de saída e a duração das visitas de cada sagui em cada plataforma e a identificação das plataformas onde ocorreram eventos de alimentação.

A EA era composta por oito plataformas visualmente semelhantes, confeccionadas com madeira (30 x 45 cm) e cobertas por plástico transparente para facilitar a limpeza, instaladas a 1,5 m de altura acima do solo (Figura 1) em um arranjo circular com aproximadamente 13 m de diâmetro. As plataformas foram dispostas próximas a árvores para facilitar o acesso dos saguis. A distância entre plataformas adjacentes variou de 3,9 a 7,6 m (média=5,1 m).

O grupo foi habituado à EA durante 10 dias consecutivos (25 de abril a 4 de maio de 2011). Durante esse período, bananas foram disponibilizadas em todas as plataformas antes da chegada dos saguis à EA.

Posteriormente, três experimentos com duração de 20 dias não consecutivos cada foram realizados. As observações ocorreram nas segundas, quartas, quintas e sextas-feiras nos turnos da manhã e tarde. As plataformas eram iscadas com bananas segundo o protocolo experimental (ver abaixo) das 5 às 11 horas da manhã e das 13 às 17 horas e 30 minutos da tarde, mesmo nos dias em que os saguis não visitaram as plataformas de alimentação da EA. Após estes períodos as iscas eram retiradas e as plataformas eram limpas.

Um intervalo de cerca de 35 dias entre os experimentos adjacentes foi realizado para reduzir a probabilidade de que o aprendizado em um experimento influenciasse o desempenho dos saguis no experimento seguinte, conforme realizado por Garber *et al.* (2009).

Em cada sessão experimental (visita do grupo à EA), apenas duas plataformas de alimentação continham bananas como recompensa (plataformas com recompensa ou PRs), enquanto as demais não continham recompensa ou continham uma banana falsa (plástica) ou uma banana real indisponível dentro de um recipiente de tela de arame (plataformas sem recompensa ou PSRs). Portanto, a probabilidade de os saguis encontrarem as PRs ao acaso era de 25% ($=2 \text{ PRs}/8 \text{ plataformas}$). O conteúdo das PSRs variou segundo o protocolo experimental e a localização das PRs foi definida por sorteio. Nos experimentos com informação visual indisponível, utilizaram-se folhas falsas confeccionadas com tecido verde escuro para cobrir o conteúdo de todas as plataformas (Figura 1). Foi adotado um intervalo mínimo de 20 minutos desde a saída dos saguis da EA e suas imediações para as plataformas serem limpas e as bananas, se necessário, repostas.



Figura 1. Plataforma de alimentação artificial sendo visitada por um sagui adulto do grupo de estudo.

Os três experimentos desenvolvidos para testar o uso de informação espacial e a adoção da regra *win-return* na tomada de decisões de forrageio foram adaptados de Bicca-Marques (2005); Bicca-Marques & Garber (2003, 2004, 2005):

1. Experimento VOE (5 de maio a 28 de junho de 2011): visou testar a habilidade dos saguis em associar as informações visual, olfativa e espacial à presença de recompensas alimentares nas PRs. Para tanto, as informações visuais estavam disponíveis em todas as plataformas. As PRs continham uma banana real exposta, enquanto as PSRs continham uma banana plástica exposta. As informações olfativas estavam disponíveis nas duas PRs, mas ausentes nas PSRs, pois as bananas plásticas não liberam odor. A informação espacial era confiável, pois a localização das PRs foi constante durante todo o experimento.

2. Experimento ESP (22 de agosto a 21 de outubro de 2011): teve a finalidade de testar a habilidade dos saguis em selecionar plataformas de alimentação com base apenas na informação espacial. As informações visuais foram eliminadas cobrindo o conteúdo de todas as plataformas com folhas falsas. As PSRs continham bananas verdadeiras dentro de recipientes de tela de arame sob as folhas falsas para liberar odor semelhante às PRs. A informação espacial era confiável. A localização das PRs foi redefinida por sorteio antes do início do experimento e mantida constante durante os 20 dias.

3. Experimento CONT (9 de dezembro de 2011 a 5 de janeiro de 2012): teve o objetivo de avaliar se, na ausência de informação espacial, visual e olfativa, os saguis utilizavam outras informações não manipuladas pelo pesquisador para localizar as PRs. Este experimento serviu como controle. Para tanto, o conteúdo de todas as plataformas foi coberto por folhas falsas para eliminar as informações visuais, as informações olfativas foram minimizadas pela presença de bananas verdadeiras dentro do recipiente de tela nas PSRs e a informação espacial não era confiável porque a localização das PRs variava aleatoriamente entre as sessões.

A análise dos resultados diferenciou a primeira escolha de cada plataforma pelos saguis durante cada sessão experimental, chamada de “inspeção”, de suas escolhas subsequentes ou repetidas na mesma sessão, chamadas de “visita”. Portanto, como havia oito plataformas na EA, o número máximo de inspeções por sessão experimental era igual a oito.

O desempenho dos saguis foi avaliado pela porcentagem de acertos (escolha de uma ou ambas PRs) nas duas primeiras inspeções (ou na única inspeção, quando foi o caso) de cada sessão ao longo de cada experimento. Essa análise visou avaliar se os saguis iam direto para as PRs após sua chegada na EA. A probabilidade de escolha ao acaso de PRs e PSRs (numerador) nas duas primeiras (ou única) inspeções (denominador) de uma sessão foi calculada da seguinte forma: 75,0% (=6 PSRs/8 plataformas) quando o grupo realizou apenas uma inspeção (1) a uma PSR (0), ou seja, 0/1; 25,0% (=2 PRs/8 plataformas) quando a única inspeção (1) foi realizada em uma PR (1) = 1/1; 53,6% (=6 PSRs/8 plataformas x 5 PSRs/7 plataformas) quando ambas inspeções (2) envolveram PSRs (0) = 0/2; 42,9% (=2 PRs/8 plataformas x 6 PSRs/7 plataformas x 2) quando apenas uma das duas primeiras inspeções envolveu uma PR = 1/2; e 3,6% (=2 PRs/8 plataformas x 1 PR/7 plataformas) quando as duas primeiras plataformas inspecionadas na sessão eram PRs = 2/2. O desempenho dos saguis nas duas primeiras inspeções foi avaliado pela comparação da distribuição observada com essas probabilidades teóricas esperadas.

Para avaliar se a adoção de uma regra de forrageio *win-return* aumentaria as chances dos saguis encontrarem as recompensas alimentares nas duas primeiras inspeções de cada sessão, resultado esperado nos experimentos com informação espacial (local da recompensa alimentar) previsível, foi calculado um desempenho teórico (WR). Calculou-se WR como a porcentagem do número de PRs em uma sessão que foram PRs na sessão anterior. Esse desempenho teórico foi comparado com o desempenho real do grupo de estudo na adoção desta regra (VA). Por sua vez, calculou-se VA como a porcentagem das duas primeiras inspeções em uma dada sessão que foram realizadas nas PRs da sessão anterior. Quando o grupo inspecionou apenas uma PR na sessão anterior, esta análise considerou apenas a primeira inspeção na sessão seguinte (BICCA-MARQUES, 2005; GOMES & BICCA-MARQUES, 2012).

Para testar se o desempenho dos saguis nessas análises foi estatisticamente maior do que o esperado ao acaso (25%=2 PRs/8 plataformas) foi utilizado o teste binomial, unilateral (VIEIRA, 2008), considerando um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os saguis realizaram 201 inspeções de plataformas, sendo 113 de PRs (56% de sucesso) e 88 de PSRs (44% de insucesso). Em geral os três saguis monitorados apareceram na EA (média \pm d.p.=2,8 \pm 0,5; N=68), visitaram PRs (média \pm d.p.=2,7 \pm 0,6; N=68) e se alimentaram em cada sessão experimental (média \pm d.p.=2,6 \pm 0,8; N=68). Em apenas duas sessões eles não se alimentaram nas PRs inspecionadas.

A primeira inspeção de uma PR seguida de alimentação ocorreu, em média, 2,6 min. (d.p.=3,8 min.) após a chegada dos saguis à EA. Já o último evento de alimentação ocorreu, em média, 11 min. (d.p.=13 min.) antes de eles saírem da EA. O tempo total gasto na EA entre o primeiro e o último evento de alimentação variou de 1 a 85 min. (média \pm d.p.=27 \pm 19 min.).

Tabela 1 - Desempenho observado nos experimentos com base na análise das duas primeiras inspeções do grupo de saguis em cada sessão (O), frequência esperada ao acaso (E), desempenho teórico que seria obtido pela adoção de uma regra *win-return* perfeita (WR) e frequência das duas primeiras inspeções do grupo que foram realizadas em PRs visitadas na visita anterior (VA). A soma mostra o desempenho geral do grupo. Os resultados do teste binomial, unilateral e seus respectivos níveis de significância também são mostrados.

Experimento		0/1	1/1	0/2	1/2	2/2	Soma	Z	Signifi- cância
Visual, Olfativo e Espacial	O	0	2	0	8	10	30/38 = 79%	7,780	p<0,0001
	E	1,5	0,5	9,7	7,7	0,6	10/38 = 25%	-	-
	WR	-	-	0	0	19	38/38 = 100%	-	-
	VA	3	2	0	4	10	26/33 = 79%	7,139	p<0,0001
Espacial	O	0	2	3	10	4	20/36 = 56%	4,233	p<0,0001
	E	1,50	0,50	9,11	7,29	0,61	9/36 = 25%	-	-
	WR	-	-	0	0	18	36/36 = 100%	-	-
	VA	3	1	2	8	3	15/30 = 50%	3,1623	p=0,0008
Controle	O	1	1	7	5	1	8/28 = 29%	0,4364	NS
	E	1,5	0,5	6,97	5,58	0,46	7/26 = 25%	-	-
	WR	-	-	9	4	1	6/28 = 21%	-	-
	VA	9	1	1	3	0	4/18 = 22%	-	-

Os saguis apresentaram um desempenho significativamente acima do acaso nos experimentos nos quais a informação espacial era confiável ao longo das sessões. Esse desempenho foi obtido pela adoção de uma regra de forrageio *win-return* (VA). Já na ausência de informações espaciais, visuais e olfativas (experimento controle), eles não utilizaram outras informações ecológicas não controladas pelo protocolo experimental para localizar as PRs com um desempenho acima de 25%. Nesse experimento, a regra *win-return* não propiciaria um desempenho acima do esperado ao acaso (WR) e os saguis, de fato, evitaram a regra (VA; Tabela 1).

DISCUSSÃO

A busca e a ingestão de alimento são atividades indispensáveis na vida dos primatas, as quais podem consumir uma parcela considerável do orçamento temporal. O Saguí-comum (*Callithrix jacchus*) de vida livre, por exemplo, pode dedicar cerca de 50% do seu tempo ao forrageio (CAVALCANTI, 2002).

O investimento em forrageio é modulado pela composição da dieta, pois as fontes alimentares apresentam distribuição uniforme, agrupada ou ao acaso e sua disponibilidade varia temporalmente (em horas, dias, meses e anos) de acordo com o seu padrão de renovação (GARBER, 2000). Dessa forma, a capacidade de registrar, recordar e usar a informação espacial e temporal dos recursos alimentares tende a aumentar a eficiência de sua exploração (BICCA-MARQUES, 2000; BICCA-MARQUES & GARBER, 2004; GARBER, 1989).

Nesse sentido, os animais podem desenvolver regras eficazes para diferentes situações de distribuição espacial e disponibilidade temporal das fontes alimentares (GARBER & LAVALLEE, 1999). No presente estudo, os saguis apresentaram um forrageio eficiente ao usarem adequadamente a regra *win-return* para retornar diretamente às plataformas com recompensa quando a sua localização era previsível ao longo das sessões. Por outro lado, quando a localização das recompensas alimentares era imprevisível (experimento controle) e a adoção desta regra não aumentaria a eficiência do forrageio, os saguis pararam de adotá-la. A adoção da regra *win-return* para retornar a uma parcela alimentar rica ou com taxa de renovação rápida de recursos na qual a visita anterior foi bem-sucedida foi relatada em estudos com primatas de vida livre (BICCA-MARQUES,

2005; GARBER & DOLINS, 1996; GARBER & PACIULLI, 1997) e cativo (MACDONALD, 1994; MACDONALD *et al.*, 1994; MACDONALD & AGNES, 1999; MENZEL & JUNO, 1982).

MacDonald *et al.* (1994) demonstraram que saguis-comuns cativos apresentaram um melhor desempenho quando a seleção de quatro locais com recompensa previsíveis dentre oito disponíveis exigia a aplicação do paradigma *win-return* do que em situações nas quais a localização das recompensas mudava permanentemente, exigindo a adoção de uma regra *win-shift*. À semelhança dos saguis do estudo de MacDonald *et al.* (1994) e de outras espécies de primatas que se alimentam de recursos abundantes ou com taxa de renovação rápida (TERBORGH, 1983; WRIGHT, 1994; BICCA-MARQUES, 2005), os saguis do Parque Estadual Dunas do Natal apresentaram uma propensão para a utilização da regra *win-return*. Essas observações apoiam o fato de que as características das árvores de alimentação (*e.g.*, frutíferas ou gomíferas) utilizadas por uma espécie influenciam na escolha das regras de forrageio, como argumentado por Garber (1989).

Em suma, comprovou-se que os saguis selvagens são capazes de usar de forma eficiente informações sobre a distribuição espacial das fontes alimentares na tomada de decisões do forrageio.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) pela autorização para a condução do presente estudo no Parque Estadual Dunas do Natal e à administradora do Parque das Dunas, bióloga Mary Sorage Praxedes pelo apoio a esta pesquisa (SISBIO: 12254). JCBM agradece ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (#303154/2009-8 e 303306/2013-0).

REFERÊNCIAS

- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. **Behaviour**, **49** (3-4): 227-267.
- BICCA-MARQUES, J. C. 2000. **Cognitive aspects of within-patch foraging decisions in wild diurnal and nocturnal New World monkeys**. Unpublished doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign.

- BICCA-MARQUES, J. C. 2005. The win-stay rule in within-patch foraging decisions in free-ranging titi monkeys (*Callicebus cupreus cupreus*) and tamarins (*Saguinus imperator imperator* and *S. fuscicollis weddelli*). **Journal of Comparative Psychology**, **119** (3): 343-351.
- BICCA-MARQUES, J. C. & GARBER, P. A. 2003. Experimental field study of the relative costs and benefits to wild tamarins (*Saguinus imperator* and *S. fuscicollis*) of exploiting contestable food patches as single- and mixed-species troops. **American Journal of Primatology**, **60**: 139-153.
- BICCA-MARQUES, J. C. & GARBER, P.A. 2004. The use of spatial, visual, and olfactory information during foraging in wild nocturnal and diurnal anthropoids: A field experiment comparing *Aotus*, *Callicebus*, and *Saguinus*. **American Journal of Primatology** **62**: 171-187.
- BICCA-MARQUES, J. C. & GARBER P. A. 2005. Use of Social and Ecological Information in Tamarin Foraging Decisions. **International Journal of Primatology** **26**: 1321-1344. doi: 10.1007/s10764-005-8855-9
- CANT, J.G.H & TEMERIN, L.A. 1984. A conceptual approach to foraging adaptations in primates, p. 304-342. In: P.s. Rodman and J.G.H. Cant, Eds. **Adaptations for Foraging in Nonhuman Primates**. Columbia University Press, New York.
- CAVALCANTI, K. C. S. 2002. **Comportamento alimentar de *Callithrix jacchus* (Callitrichidae: Primates) em mata secundária e ambiente alterado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 48p.
- FREIRE, M. S. B. 1990. Levantamento florístico do Parque Estadual das Dunas do Natal. **Acta Botânica. Brasília** **4** (2): 41-59.
- GALLISTEU, C. R. & CRAMER, A.E. 1996. Computations on metric maps in mammals: Getting oriented and choosing a multi-destination route. **The Journal of Experimental Biology** **199**: 211-217
- GARBER, P. A. 1989. Role of spatial memory in primate foraging patterns: *Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis*. **American Journal of Primatology** **19** (4): 203-216.
- GARBER, P. A. 2000. Evidence for the use of spatial, temporal, and social information by primate foragers, p. 261-289. In: S. Boinski & P. A. Garber (Eds.), **the move: How and why animals travel in groups**. Chicago: University of Chicago Press.
- GARBER, P. A. & DOLINS, F. L. 1996. Testing learning paradigms in the field: Evidence for use of spatial and perceptual information and rule-based foraging in wild moustached tamarins, p. 201-216. In: M. Norconk, A. L. Rosenberger, & P. A. Garber Eds. **Adaptive Radiations of Neotropical Primates**. Plenum Press, New York.

- GARBER, P.A. & PACIULLI, L.M. 1997. Experimental field study of spatial memory and learning in wild capuchin monkeys (*Cebus capucinus*). **Folia Primatologica**, **68**: 236-253.
- GARBER, P.A. & LAVALLEE, A. 1999. Experimental approaches to the study of primate cognition in natural and near-to-wild field settings, p. 71-98. In: P.A. Garber & S. Leigh Eds. **Readings in the Biological Bases of Human Behavior**. Pearson Custom, Needham Heights.
- GARBER, P.A.; BICCA-MARQUES, J. C.; [AZEVEDO-LOPES, M. A. O.](#) 2009. Primate cognition: integrating social and ecological information in decision-making, p.365-385. In: P.A. Garber, A. Estrada, J.C. Bicca-Marques, E.W. Heymann & K.B. Strier. (Org.). **South American Primates: Comparative Perspectives in the Study of Behavior, Ecology, and Conservation**. 1ªed.New York: Springer.
- GOMES, D. F. & BICCA-MARQUES, J. C. 2012. Capuchin monkeys (*Cebus nigritus*) use spatial and visual information during within-patch foraging. **American Journal of Primatology** **74**:58–67
- MACDONALD, S.E. 1994. Gorilla's (*Gorilla gorilla gorilla*) spatial memory in a foraging task. **Journal of Comparative Psychology** **108**: 107-113
- MACDONALD, S.E.; PANG, J.C. & GIBEAULT, S. 1994. Marmoset (*Callithrix jacchus jacchus*) spatial memory in a foraging task: win-stay versus win-shift strategies. **Journal of Comparative Psychology**, **108**(4): 328-334.
- MACDONALD, S.E. & AGNES, M.M. 1999. Orangutan (*Pongo pygmaeus abelii*) spatial memory and behavior in a foraging task. **Journal of Comparative Psychology**, **113**(2):213-217.
- MENZEL, E. W. & JUNO, C. 1985. Social foraging in marmoset monkeys and the question of intelligence. **Phil. Trans. of the Roy. Soc. Lond. B**, **308**: 145-158.
- NUNES, A. M. 2006. **Ecologia cognitiva e forrageio Social em híbridos de *Callithrix penicillata* X *Callithrix jacchus* (Primates: Cebidae: Callitrichinae) introduzidos na Ilha de Santa Catarina**. Dissertação De Mestrado. Porto Alegre/RS/Brasil.
- RYLANDS, A. B. & FARIA, D. S. 1993. Habitats, feeding ecology, and home range size in the genus *Callithrix*, p. 262–272. In A. B. Rylands Ed. **Marmosets and Tamarins: Systematics, Behaviour, and Ecology**. Oxford: Oxford University Press.
- STEVENSON, M. F. & RYLANDS, A. B. 1988. The marmosets, genus *Callithrix*, p. 131-211. In: Mittermeier, R. A.; Rylands, A. B.; Coimbra-Filho, A. F. & Fonseca, G. A. B. Eds. **Ecology and Behavior of Neotropical Primates**. Washington, D.C. World Wildlife Fund.

- SUSSMAN, R. W. & KINZEY, W. G. 1984. The Ecological Role of the Callitrichidae: A Review. **American Journal of Physical Anthropology** 64 (4): 419-449.
- TERBORGH, J. 1983. **Five New World Primates: a Study in comparative Ecology**. Princeton University Press, Princeton.
- VIEIRA, S. 2008. **Introdução à bioestatística**. Rio de Janeiro, Elsevier, 360p.
- WRIGHT, P.C. 1994. The behavior and ecology of the owl monkey, p. 97-112. In: J.F Baer, R.E. Walker, and I. Kakoma, Eds. **Aotus: The Owl Monkey**. Academic Press, San Diego.

CAPÍTULO 3

Weather Conditions Generally Do Not Affect Navigation Patterns of *Sapajus nigritus*

Irene Delval; Andrea Presotto; Marcos Tocuda; Patricia Izar

Departamento de Psicologia Experimental - IPUSP

ABSTRACT

In studies of wild primates' spatial cognition by means of natural observation, changes in navigation patterns, particularly travel speed and linearity depending on the spatial target, are usually considered as indicative of the ability of representing and locating spatial goals. However, few investigations have considered whether other factors, such as climatic conditions, could be affecting those navigation patterns. Our goal here was to verify if variations on rainfall and temperature can modify the navigation patterns of a black capuchin monkeys' group in the Brazilian Atlantic Forest. The group was followed during two years in both seasons and routes were collected with GPS technology. Goal and non-goal daily segments were analysed. For each segment, travel speed and linearity index were calculated. Results showed that there was little influence of rainfall on the controlled variables. Nevertheless, some measurements of linearity were influenced by temperature. Seasonality was a better predictor of travel speed and linearity than weather conditions possibly due to changes in food distribution. Our results suggest that changes in travel speed and linearity towards goals are good indicators of the representation of spatial locations.

Key-words: Spatial cognition, seasonality, rainfall, temperature, capuchin monkeys

RESUMO

No estudo da cognição espacial de primatas selvagens, a capacidade de representação da localização espacial de objetivos é habitualmente inferida por mudanças no padrão de deslocamento. A maioria das pesquisas nesta área observa se existem variações na linearidade e velocidade do deslocamento, em função do objetivo. Contudo, poucas pesquisas têm estudado se outros fatores poderiam afetar esses padrões, como variáveis climáticas. O objetivo deste trabalho foi verificar se variações em precipitação e temperatura modificam os padrões de deslocamento de um grupo de macacos-prego da Mata Atlântica. Os macacos foram acompanhados por dois anos durante as duas estações, e as rotas foram coletadas com tecnologia GPS. Analisaram-se segmentos diários para objetivos espaciais e segmentos sem objetivo. Em cada segmento calculou-se velocidade e índice linearidade. Os resultados mostraram que existiu pouca influência da chuva nas variáveis controladas. Entretanto, algumas medidas de linearidade foram afetadas significativamente pela temperatura. Provavelmente por incluir mudanças da distribuição do alimento, a sazonalidade foi mais explicativa de velocidade e linearidade que as variáveis climáticas. Nossos resultados sugerem que mudanças de velocidade e linearidade em deslocamentos para objetivo são indicadores confiáveis de representação de localização espacial.

Palavras-chave: cognição espacial, sazonalidade, precipitação, temperatura, macacos-prego.

INTRODUCTION

Navigation is an essential skill for almost every mobile animal species (Tomasello & Call, 1996). Knowing where to go helps animals to find food, shelter or sexual partners, and to avoid predators. Consequently, the ability to memorize and find objects in the space would be incredibly valuable in complex environments and, as habitats differ enormously around the world, we can expect animals to show many different adaptations for getting to places (Shettleworth, 1998).

The cognitive mechanisms that animals use to navigate in their environments have been extensively studied (for revisions see Gallistel, 1990; Shettleworth,

1998). In naturalistic studies of wild primates, their spatial knowledge has been traditionally inferred from the outcomes of their natural travelling behaviour. Goal-oriented movement is expected in animals living in complex environments, where they may apply their knowledge of distance and direction to navigate to out-of-sight resources (Garber, 2004; Milton, 1981; Shettleworth, 1998). Changes in navigation patterns, such as travel speed and linearity towards important food sources, are usually considered evidence of goal-directed navigation to high quality resources due to spatial memory (Noser & Byrne, 2007a, b). However, directed movements in nearly straight-line segments could be hiding other phenomena like monitoring home range boundaries by traversing it periodically (e.g. Terbourgh & Stern, 1989), avoid backtracking (e.g. Pyke, 1978) in order to not repeat sources, or a lack of visibility of salient landmarks produced, for example, by strong rainfall (Presotto, 2009). For that reason, methodological care must be taken in order to consider all possible intervening variables and to not conceal misleading results. For instance, before making assessments about goal-directed movements, it has been proposed to control the size of the resources (Janson & Di Bitteti, 1997), because larger resources are more likely to be detected than smaller ones, so we can be inferring spatial memory when we are in front of good visual detection fields. Other variable that must be controlled for making accurate inferences about spatial orientation is the length of the straight-line segments (Valero & Byrne, 2007), since it should be worth travelling further to resources with larger or better rewards. It has also been proposed take into account changes of direction when leaving a resource (Valero & Byrne, 2007; Byrne et al., 2009), for inferring goal-directed movements towards new out-of-sight target.

Travel speed has also been designated as indicative of goal-directedness and foreknowledge of goals. For capuchin monkeys, it has been described moving slower when leaving patches, and increasing travel speed when approaching the resource (Janson & Di Bitetti, 1997; but see Normand & Boesch, 2009 for inverse results with chimpanzees). This has been interpreted as the outcome of scramble competition (Janson & Byrne, 2007). However, the reason for this increased travel speed could be that the monkeys have just detected the source

(Janson & Byrne, 2007). Thus, it is important to control the detection field (Janson, 1998) of the species subject of navigation studies, for making correct inferences.

Consequently, in order to infer spatial knowledge from naturalistic observation of navigation patterns, one should take into account the maximum possible number of intervening and explanatory variables during the inferential process. We propose here that climatic conditions might alter navigational patterns. Several researches have shown how primates adapt their activity budgets to seasonal variables (e.g. *Papio cinocephalus*: Bronikowski & Altmann, 1996; *Ateles geoffroy*: Chaves et al., 2011; Gonzalez-Zamora et al., 2011; *Macaca fuscata*: Hanya, 2004; *Papio ursinus*: Hill et al., 2003; Van Door et al., 2010; *Macaca munzala*: Mediratta et al., 2009). Others have shown the effects of weather and seasonality on daily path length (DPL), finding longer distances travelled during the summer when there are more food resources (e.g. Kirkpatrick et al., 1998; but see Ren et al., 2009). It has been suggested that monkeys might minimize DPL in times of food scarcity to limit energy intake needs indirectly (Agetsuma, 1995a, b). An alternative hypothesis is that food scarcity directly limits the energy available for travel, with animals adapting their moving time to the distribution patterns of their foods (Agetsuma, 1995a, b). Janmaat, Zuberbühler and Byrne (2006b) argued that mangabeys are able to perceive and react to recent temperature changes. The authors found a relationship between temperature in previous days and the possibility of a food resource being ignored or accessed. These results show that some species take travelling decisions based on recent information about temperature, which has been considered as “evidence of meteorology in monkeys” (Platt, 2006, pp. 465).

A recent study on reference systems of wild black capuchin monkeys (*Sapajus nigritus*) revealed that these monkeys remember the location of important food sources and travel towards these sources faster and more linearly than to other goals (Presotto & Izar, 2010). However, Presotto (2009) also found higher daily linearity indexes in rainy days compared to days without rainfall. This unexplored finding indicates the possibility of other factors

intervening in the linearity of the monkeys travel paths, besides intentional goal-directed movements.

Our aim was to investigate whether climatic variables (rainfall and temperature) could affect movement patterns (linearity index and travel speed) of black capuchin monkeys in Carlos Botelho State Park, an area of Atlantic Forest. We hypothesized that, in rainy days, a highly directed movement towards a goal could be concealing this lack of visibility caused by rainfall (Presotto, 2009). Besides, rainfall can make the animals use safer routes to prevent falls, reducing occasional foraging, which will also show more goal-directed movements (and so, low linearity index). Moreover, travel speed and linearity could also be affected by more long-term variations such as seasonality according to fit foraging strategies.

We predicted that, if **rainfall** affects navigation ($1 H_1$), in rainy days monkeys would follow more linear paths (P1), and with slower travel speed (P2) than in days without rainfall (Presotto, 2009). Additionally, we expected that, if **temperature** affects navigation patterns ($2 H_1$), in hot days monkeys will follow more linear paths (P3), and travel speed would increase (P4) at higher temperatures (Agentsuma, 1995a,b). However, changes in travel speed and linearity could be caused by long-term seasonal modifications, so if **seasonality** affects the navigation patterns of *S. nigritus* ($3 H_1$), during the rainy season, less linear paths will be observed (P5) and travel speed would be increased (P6) (Ren et al., 2009).

METHODS

Study site and subjects

We conducted this study at Carlos Botelho State Park (PECB), located in São Paulo State (latitude: 24°00'-24°15' S; longitude: 47°45'-48°10' W), south-eastern Brazil, within the Atlantic Forest domain. PECB comprises an area of about 380 km² and, along with three other bordering parks (Intervales State Park, Alto do Ribera Touristic State Park (PETAR) and Xitué Ecological Station), forms a continuous protected block of forest with more than 1200

km² of area. The study site is located in the top of Paranapiacaba Mountains, the Guapiara Plateau, in the municipality of São Miguel Arcanjo, at an altitude of 720-890 m above sea level.

Annual temperature averages 19-22°C, with a minimum of 3°C and maximum of 29°C. The climate is Cfa (Köppen), which is a mild mid-latitude climate with no markedly dry season and a very warm summer (Domingues et al. 1987; Domingues & Silva 1988), with no extreme temperatures.

The area is covered by mainly undisturbed tropical forest. The continuous canopy creates the impression of plenty of fruit. However, field studies in this area have shown that black capuchin monkeys at PECB walk for miles just to eat leaves, low calories and quality food items (Taira, 2007). The fruit supply in PECB is seasonal, undergoing a drastic reduction during the winter months (Izar, 2004), which is also the driest season (Izar et al., 2012). However, unpredictable intervals of fructification of 3 years or even more have also been described for some of the fruit species occurring there (Izar et al., 2012).

The study group was already habituated at the beginning of the study, following other studies conducted from 2003 to 2005 (Nakai, 2007; Taira, 2007; Presotto, 2009; Santos, 2009). Home range size of this group measured during 3 years (2006, 2007 and 2008) was approximately 400 ha. (GPS).

Data collection procedures

We collected two different types of data, behavioural data and route information, along two periods: 1) 15 months comprised between April/2007 and July/2008; 2) 13 months comprised between February/2009 and April/2010.

The data collection routine was as follows: the group was sought through a network of pre-existing trails. Once found it was accompanied until sunset, using scan-sampling method (Altmann, 1974) for recording behavioural data at 5 minutes intervals and, simultaneously, recording group's location through a GPS device (Garmin GPS Map 60 CSx).

In order to determine if the group had navigated to a goal or not, we identified and categorized food items as fruit, flower, leaf, seed, stem, root, palm,

invertebrates, vertebrates and others. Patchy food sources (fruits, flowers and seeds) were considered as goals. Sleeping trees were also identified as goals.

The National Institute of Meteorology (INMET), an agency of the Brazilian Ministry of Agriculture, provided the meteorological data. The INMET has an Automatic Climatological Station (A715) in the municipality of San Miguel Arcanjo/SP, (latitude: $-23^{\circ}85'$ S; longitude: $-48^{\circ}16'$ W; elevation: 644 m), very close to our study site the PECB. They provided hourly information for the following variables: average air temperature ($^{\circ}\text{C}$), maximum temperature ($^{\circ}\text{C}$), minimum temperature ($^{\circ}\text{C}$) and rainfall (mm.). From these data, it was possible to calculate daily, monthly and seasonally means of weather variables (figure 1).

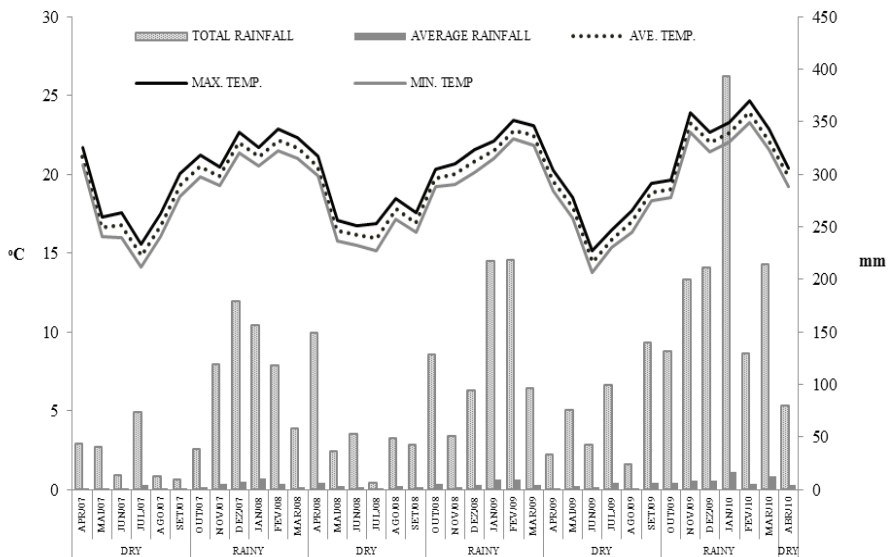


Figure 1. Average monthly temperatures ($^{\circ}\text{C}$) and total and average monthly rainfall (mm.) at PECB during the data collection in 2007-10. (Constructed with data from INMET).

Data analyses

The final sample had 123 days. We analysed 15331 scan sampling entries. 3320 of these entries were navigation segments that ended in a stop point. Of those 3320 analysed segments, 818 (24,6%) reached a feeding tree; 114 (3,4%) ended on a sleeping tree and 2247 (67,7%) were movements in segments without a goal. The remaining movements (computed as “others”) were 115 (3,5%) start movements (getting out of the sleeping trees), 22 (0,7%) losses of the group for some minutes, 9 (0,3%) of losses of the group at the end of the day, so it was not possible to leave the group at the sleeping tree.

We selected only complete data, which means that only days with more than 70 scan samples, and without losses of the group in the middle of the day, were included. In this way, we obtained 123 complete days, whose GPS route data were transformed into maps through ArcGIS * 10.1 software. This tool allowed us to create a route for each day and to measure the distances between each point of this route. From these measurements we calculated linearity index and travel speed (m/h) in every segment (goal and non-goal) and a value for the whole day (figure 2 A and B).

Travel Speed:

Travel speed was calculated in meters per hour. We calculated travel speed for every segment between stops (figure 2B).

Additionally, when calculating travel speed, the visual detection distance was discounted when animals were approaching a goal (fruit source or sleeping site), so several categories of travel speed were created depending on the kind of goal, and on the distance to the goal when the movement starts. Janson and Di Bitetti (1997) calculated, for *S. nigritus* in forested habitats, the detection range of food resources as being around 50 meters for an individual, and 80 meters for a group. Hence, as the position of the researcher was approximately in the centre of the group, we controlled this variable and calculate the travel speed to out-of-sight goals (SFG80, SFG50), and to visual targets (SFGV). This way, we obtained two different kinds of information from every goal: speed when the goal was not visible, and speed when the group and the individuals had visual

(A)

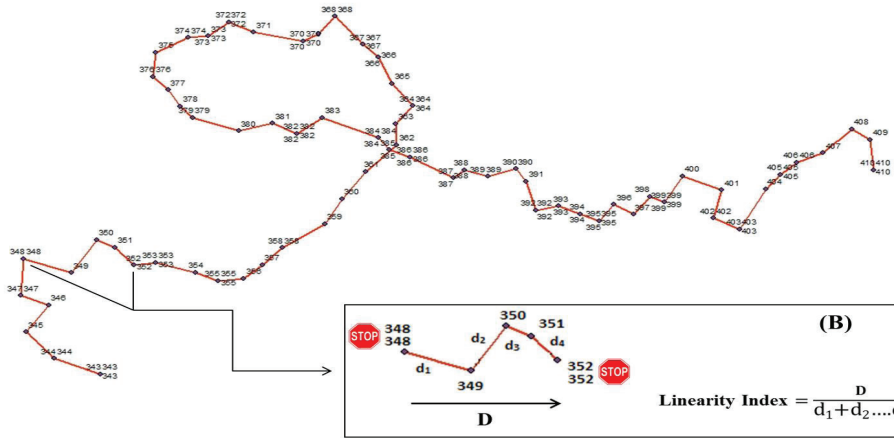


Figure 2. (A). Route example from February 19th 2009. Each number corresponds to GPS coordinates and scan samplings. If there are repeated points it means that more than one scan sampling occurred there. (B). Example of linearity index calculation from one stop point to another.

access to the target. The same procedure was used for sleeping goals (SSG80, SSG50 and SSGV). Travel speed was also calculated in segments without goal (SNG) but, in this case, we did not discount, for obvious reasons, the visual detection field.

Linearity index:

Linearity or “linearity index” is a ratio between the distance travelled and the length of the straight line between the starting point and the destination (figure 2B). The closer this ratio is to 1, the more linear the path was. This ratio can be applied to the total daily route or just to a segment between consecutive stops. To consider a point as a “stop”, we used the same criterion from Presotto (2009) and Presotto and Izar (2010), who considered a stop as a “coordinate point where animals were recorded for two or more consecutive 5 minutes intervals” (pp. 3) (figure 2B).

We calculated five different linearity indexes for each of the 40 days that were analysed: linearity to fruit trees (lin_frut), to sleeping trees (lin_sleep), linearity in segments without a goal (lin_ng), and two measurements of total linearity of the day (lin_tot and lin_med_seg). The lin_tot index is the result of the distance, in a straight line, from the first to the last point of the day, divided by the daily path length (DPL), while the lin_med_seg index is the average of all linearity measurements in a single day. Thus, in the second case, the design of the DPL will not be important for the linearity calculi. This means that days in which single segments were closer to the straight-line will show high lin_med_seg independently of the format of the total layout of the line (i.e. in figure 2A we can see how the group traces a loop in its DPL, which probably means going back for exploring a remembered or just detected source).

Other variables:

Daily distance travelled, or daily path length (DPL), by the black capuchin group was also computed in order to control its correlation with other variables, such as food items or seasonality. We calculated it from the measurements made in ArcGIS[®] and Excel[®]. This distance was calculated in metres. Moreover, through the scan samplings information, we counted the number of reached goals in a day.

Finally, in order to control for seasonality, we divided our sample into two seasons: winter, the dry season (from April to September) and summer, the rainy season (from October to March).

Statistical analyses

Were executed preliminary descriptive statistics analyses in order to obtain measures of central tendency (daily and seasonal means) and to observe if data fit normal distribution. After, were conducted correlation analyses (Pearson and Spearman), to corroborate if there was an interaction between the dependent variables (travel speed and linearity index) and climate conditions (temperature and rainfall), but without stablishing causal relationships. Subsequently, when detected statistically significant correlations, independent sample T-tests were applied for comparing rain condition and dry and wet season. When necessary

(because of the absence of normal distribution, homocedasticity, etc.), we used the non-parametric Mann-Whitney's U-test.

Statistical analyses were conducted using IBM SPSS Statistics, v20. Significance was set at 0,05 and all tests were two tailed.

The research complied with protocols approved by the Animal Research Ethics Committee of Institute of Psychology of University of São Paulo and adhered to the Brazilian legal requirements, and to the American Society of Primatologists principles for the ethical treatment of primates.

RESULTS

Travel speed

Total daily rainfall (mm) was not correlated to travel speed to goals (either visual or not) but we found a low positive correlation in segments without a goal (SNG) ($r=0,199$; $p=0,029$). When the sample was divided into rainy and not-rainy days, dichotomously, (table 1) we did not find significant differences in travel speed either to sleeping goals or food goals (Independent samples T-tests, two tailed). Moreover, confirming the correlation found, we observed that travel speed in segments without goal (SNG) was significantly higher in rainy days (Mann-Whitney U test, two tailed: $U=1456$; $z=-2,187$; $p=0,029$).

When testing if there were seasonal changes in travel speed, significant differences were found in travel speed to visual food resources (SFGV) [Independent sample T-test, two tailed: $t(108)=-2,485$; $p=0,014$] and in segments without a goal (SNG) [Mann-Whitney U test, two tailed: $U=800$; $z=-2,856$; $p=0,004$], so that capuchin monkeys navigated faster during the rainy season than during the dry season (table 1).

Table 1. Descriptive statistics for travel speed (m/h) according to rainfall and seasonality. SFG80= travel speed to a fruit source when it is out-of-sight for the group; SFG50= travel speed to a fruit source when it is out-of-sight for an individual; SFGV= travel speed to a visual fruit source; SSG80= travel speed to a sleeping site when it is out-of-sight for the group; SSG50= travel speed to a sleeping site when it is out-of-sight for an individual; SSGV= travel speed to a visual sleeping site; SNG= travel speed in segments without a goal.

	RAINFALL						SEASON					
	NO			YES			DRY			RAINY		
	Mean	Std. Dev.	N	Mean	Std. Dev.	N	Mean	Std. Dev.	N	Mean	Std. Dev.	N
SFG80	630,66	289,36	53	681,26	330,54	47	635,68	293,57	78	720,99	357,41	22
SFG50	590,97	264,49	57	654,68	296,08	53	608,41	270,95	85	666,74	313,23	25
SFGV	347,34	97,83	59	351,95	106,56	51	337,39	96,81	87	395,19*	108,01	23
SSG80	658,69	527,44	7	684,92	259,59	11	745,42	398,76	12	533,32	288,76	6
SSG50	577,21	353,67	20	558,12	287,71	15	596,86	341,47	26	488,61	261,05	9
SSGV	266,68	138,68	49	308,18	142,71	38	286,56	141,42	75	273,83	145,19	12
SNG	451,73	121,74	64	511,92*	157,44	59	459,49	126,62	97	559,35*	171,91	26

* The difference is significant at the 0.05 level

Temperature (°C) was slightly positively correlated to travel speed in segments without a goal (Pearson correlations to SNG: Med.: $r=0,186$, $p=0,040$; Min.: $r=0,213$, $p=0,018$; both $N=123$) and to travel speed in segments to visible fruit sources (Pearson correlation to SFGV: Min.: $r=0,215$, $p=0,024$; $N=110$), in this case just to the minimum temperature.

Linearity Indexes

Descriptive statistics shown that linearity indexes were very similar (table 2), except for the measurement of total linearity of the day (lin_tot), which was an expected result.

Table 2. Descriptive statistics for the five different measurements on linearity. lin_tot= linearity index of the whole day; lin_med_seg= linearity index of the whole day but calculating from the means of every segment of the day; lin_frut= linearity index in segments that ended at a fruit goal; lin_sleep= linearity index in segments that ended at sleeping site; lin_ng= linearity index in segments without a goal.

	Mean	Minimum	Maximum	Std. Dev.	N
lin_tot	0,30*	0,04	0,71	0,15	123
lin_med_seg	0,93	0,81	1,00	0,04	123
lin_frut	0,92	0,72	1,00	0,06	114
lin_sleep	0,97	0,59	1,00	0,09	116
lin_ng	0,93	0,73	1,00	0,05	123
Valid N (listwise)					107

* The difference is significant at the 0,05 level

We did not find significant correlations, neither significant effects of rainfall on any of the linearity indexes (Independent Samples T-tests, two tailed) (table 3). Nevertheless, seasonality had significant effects on some linearity indexes so, when analysing daily total linearity (lin_tot), we observed that capuchin monkeys travelled more linearly during the dry season [Independent Samples T-test, two tailed: $t(121)=2,305$; $p=0,025$]. We also observed a tendency to significance in segments without a goal (lin_ng) (Mann-Whitney: $U=951,5$; $z=-1,917$; $p=0,055$), so that monkeys navigated closer to a straight line during the dry season (table 3).

In goal directed movements, no correlations were found between temperature and linearity indexes (lin_fruit and lin_sleep). However, temperature ($^{\circ}\text{C}$) was negatively correlated to linearity index in segments without a goal (Pearson correlation for lin_ng: Max. temp.: $r=-0,386$; $p<0,001$; Med. Temp.: $r=-0,312$; $p<0,001$; both $N=123$). Measurements on the total linearity indexes were also negatively correlated to temperatures, (Spearman's rho for lin_tot: Med.: $r=-0,318$; $p<0,001$; Max.: $r=-0,339$; $p<0,001$; Min.: $r=-0,267$; $p=0,003$; all $N=123$). Finally, segment's average daily linearity (lin_med_seg) measurements were negatively correlated with medium (Spearman's rho: $r=-0,218$, $p=0,015$, $N=123$) and maximum temperature (Spearman's rho: $r=-0,318$, $p<0,001$, $N=123$).

Table 3. Descriptive statistics for linearity indexes according to rainfall and seasonality. lin_tot= linearity index of the whole day; lin_med_seg= linearity index of the whole day but calculating from the means of every segment of the day; lin_fruit= linearity index in segments that ended at a fruit goal; lin_sleep= linearity index in segments that ended at sleeping site; lin_ng= linearity index in segments without a goal.

	RAINFALL						SEASON					
	NO			YES			DRY			RAINY		
	Mean	Std. Dev.	N	Mean	Std. Dev.	N	Mean	Std. Dev.	N	Mean	Std. Dev.	N
lin_tot	0,29	0,13	64	0,32	0,17	59	0,32*	0,15	97	0,24	0,14	26
lin_med_seg	0,93	0,04	64	0,94	0,04	59	0,94	0,04	97	0,92	0,06	26
lin_fruit	0,92	0,06	60	0,93	0,06	54	0,93	0,06	88	0,92	0,07	26
lin_sleep	0,98	0,07	62	0,95	0,10	54	0,97	0,09	94	0,96	0,09	22
lin_ng	0,93	0,05	64	0,93	0,05	59	0,94**	0,05	97	0,91	0,07	26

* The diff. is significant at the 0,05 level; ** Almost significant diff. at $p=0,055$

Daily path length (DPL) was positively related to temperature (Pearson correlation: Med.: $r = 0,381$ $p < 0,001$; Max.: $r = 0,460$ $p < 0,001$; Min: $r = 0,246$ $p < 0,001$; all $N = 123$), so monkeys travelled further distances in hottest days. Rainfall and DPL were not significant correlated either related (Independent Samples T-test, two tailed: $p = 0,672$). However, a seasonal significant difference was also found for DPL, which was longer in the rainy season [Independent Samples T-test, two tailed: $t(121) = -2,939$; $p = 0,004$].

Lastly, there were no significant relationships between the number of goals reached in a day and climatological conditions. The number of goals reached in a day was positively correlated to DPL (Pearson correlation: $r = 0,594$, $p < 0,001$, $N = 123$).

DISCUSSION

Are we making the correct inferences when analysing goal-oriented movements? Is it possible that weather conditions are affecting the navigational patterns that we are observing? Do travel speed and linearity indexes change in the short-term because of the presence of rainfall or at high temperatures? Instead, do travel speed and linearity indexes respond to more long-term variations such as seasonal changes?

RAINFALL interactions with navigational patterns (H1)

Our hypothesis was based on previous observations made on the same population of primates (Presotto, 2009). However, those observations were not systematic. Here we have been able to test this hypothesis on a larger sample. Our results only slightly supported the hypothesis. Rainfall affected travel speed only in segments without a spatial goal, where the monkeys travelled faster. It is possible that when travelling towards a known valuable goal the group does not alter its behaviour, even in the presence of rainfall, because the monkeys are already travelling at maximum speed, as an outcome of scramble competition (Normand & Boesch, 2009 *cf* Noser & Byrne, 2007). Conversely, when travelling slower, without a spatial goal, weather conditions could become more important and make them accelerate, perhaps to shelter from rain. However, this was the only effect of rainfall on

travel patterns. Albeit it has been described that heavy rain can temporally prevent group movements (e.g.: Goodall, 1977), only few studies have directly checked rainfall effects on behaviour and movement patterns. Most studies have studied the effect of rainfall on DPL (which is related to travel speed) finding out that this variable is not directly correlated to DPL (Isbell, 1983; Ren et al., 2009), but it could have indirect effects through changes in the availability and distribution of resources (Li et al., 2001). Here we confirmed this result because, although DPL was not correlated to rainfall, it was longer during the rainy season, when there is higher fruit availability. The fact that rainfall did not affect the linearity of the monkey's travel paths, contrary to our expectation, is further evidence that capuchin monkeys at PECB do not need to visualize prominent landmarks to navigate (Presotto & Izar, 2010).

TEMPERATURE interactions with navigational patterns (H2)

Our results revealed some effects of temperature on navigational patterns. Linearity in non-goal oriented segments increased as temperature decreased and measurements of total linearity indexes were also negatively correlated to temperature, suggesting less linear daily routes at higher temperatures. These results might indicate an energy saving strategy at lower temperatures (Schoener, 1971) because higher linearity means less distance travelled. DPL also decreased at lower temperatures corroborating this idea. As with rainfall, contrary to our prediction, linearity towards spatial goals was not affected by temperature.

Confirming our prediction, temperature was positively correlated to travel speed but only in segments without a goal and in segments to visible fruit sources. Most of the research that investigates the effects of temperature in travelling patterns (Hanya, 2004; Mendiratta et al, 2009; Ren et al., 2009; Van Doorn et al., 2010) expect a reduced energy expenditure at lower temperatures, derived from thermoregulatory costs (Schoener, 1971; Agetsuma, 1995a, b, 2000), but do not take into account the effects of spatial memory on navigation patterns. Our findings suggest that the capuchin monkeys in PECB travel slower to save energy at lower temperatures, but not if they are travelling towards a known valuable spatial goal.

SEASONALITY interactions with navigational patterns (H3)

Seasonality changes in rainfall and temperature occur at PECB and changes in food distribution accordingly have also been reported (Ab'Saber, 2003 *cf* Presotto & Izar, 2010). Our results also revealed seasonal variations in capuchin monkeys' travel speed toward visible feeding goals and in non-goal segments, with higher speed during the rainy season, when there are more trees in fructification (Izar et al., 2012). Thereby, during the dry season the group travelled in those segments at lower speeds, what might be explained by an energy saving strategy (Schoener, 1971) due to shortage of fruits, which is further confirmed by the decrease in DPL during the winter. The fact that the same change in velocity was not found for travel towards out-of-sight spatial goals is somewhat surprising, but might indicate that even during the dry season the monkeys travel at maximum possible speed towards valuable goals.

We also found that total linearity index was reduced in the rainy season, what is in accordance with studies indicating enlarged distance travelled during that season (e.g. Mendiratta et al, 2009; Kirkpatrick et al., 1998; but see Ren et al., 2009), and seasonal variations in the activity budgets, so the time devoted to feeding or travelling activities changes (e.g. Hanya, 2004; Van Doorn et al., 2010; Chaves et al. 2011).

These results reveal that seasonality does not directly affect navigational patterns of black capuchin monkeys at PECB through changes in rainfall and temperature, but might produce an increase in DPL and travel speed, as well as lower linearity, which might be influenced by food availability and distribution.

CONCLUSIONS

In summary, our results indicated no effect of temperature, rainfall or seasonality on movement patterns (velocity and linearity) of tufted capuchin monkeys towards out-of-sight spatial goals. Moreover, in general, our results did not support our hypothesis about immediate, short-term, responses to weather conditions.

These outcomes reveal that, although temperature, rainfall, and degree of seasonality are important climatic variables driving the activity patterns of

Neotropical primates (e.g., Chaves et al, 2011), they are not producing changes in travel speed and linearity so we can conclude these are good indicators of the representation of spatial locations. Thus, they can be reliably used in inferences about wild capuchin monkeys' spatial cognition (Janson & Byrne, 2007).

Finally, we observed some seasonal, long-term, influences on navigational patterns that indicate that tufted capuchin monkeys may employ strategies of energy saving (Agetsuma, 1995 a, b) in their navigation.

BIBLIOGRAPHY

- Ab'Sáber, A. N. (2003). *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas* (Vol. 1). Atelié editorial.
- Agetsuma, N. (1995a). Foraging strategies of Yakushima macaques (*Macaca fuscata yakui*). *International Journal of Primatology*, 16(4), 595–609.
- Agetsuma, N. (1995b). Dietary Selection by Yakushima Macaques (*Macaca fuscata yakui*): The Influence of Food Availability and Temperature. *International Journal of Primatology*, 16(4), 611–627.
- Agetsuma, N. (2000). Influence of temperature on energy intake and food selection in macaques. *International Journal of Primatology*, 21: 108–111.
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour*, 49: 227–265.
- Bronikowski, A. M. & Altmann, J. (1996). Foraging in a variable environment: weather patterns and the behavioral ecology of baboons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 39: 11–25.
- Byrne, R. W., & Bates, L. A. (2011). Cognition in the wild: exploring animal minds with observational evidence. *Biology letters*, 7(4), 619–622.
- Chaves, Ó. M., Stoner, K. E., & Arroyo-Rodríguez, V. (2011). Seasonal Differences in Activity Patterns of Geoffroy's Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi*) Living in Continuous and Fragmented Forests in Southern Mexico. *International Journal of Primatology*, 32:960–973.
- Cunningham, E., & Janson, C. H. (2007). Integrating information about location and value of resources by white-faced saki monkeys (*Pithecia pithecia*). *Animal Cognition*, 10(3), 293–304.
- Di Fiore, A. & Suarez, S. A. (2007). Route-based travel and shared routes in sympatric spider and woolly monkeys: cognitive and evolutionary implications. *Animal Cognition*, 10: 317–329.

- Dias, A. C.; Custodio Filho, A.; Franco, G. A. D. C. & Couto, H. T. Z. (1995). Estrutura do componente arbóreo em um trecho de floresta pluvial atlântica secundária – Parque Estadual Carlos Botelho. *Revista do Instituto Florestal*, 7(2), 125–155.
- Domingues, E. N.; Silva, D. A. & Vellardi (1987). Correlações topogeomorfológicas, geológicas e de declividades do Parque Estadual Carlos Botelho- SP. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, 41: 377–420.
- Domingues, E. N.; Silva, D. A. (1988). Geomorfologia do Parque Estadual de Carlos Botelho. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, 42: 71–105.
- Gallistel, C.R. (1990). *The Organization of Learning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Garber, P. A. (2004). New Perspectives in Primate Cognitive Ecology. *American Journal of Primatology*, 62: 133–137.
- González-Zamora, A., Arroyo-Rodríguez, V., Chaves, O. M., Sánchez-López, S., Aureli, F., & Stoner, K. E. (2011). Influence of climatic variables, forest type, and condition on activity patterns of Geoffroy's spider monkeys throughout Mesoamerica. *American Journal of Primatology*, 73(12): 1–10.
- Goodall, J. (1977). Infant killing and cannibalism in free-living chimpanzees. *Folia Primatologica*, 28: 259–282.
- Hill R. A. & Dunbar R. I. M. (2002). Climatic determinants of diet and foraging behavior in baboons. *Evolutionary Ecology*, 16: 579–593.
- Hill, R. A., Barrett L., Gaynor, D., Weingrill, T.; Dixon, P.; Payne, H. & Henzi, S. P. (2003). Day length, latitude and behavioral (in) flexibility in baboons (*Papio cynocephalus ursinus*). *Behavioral Ecology & Sociobiology*, 53: 278–286
- Isbell L. A.; Pruett J.D.; Nzuma, B. M.; Young, T. P. (1999). Comparing measures of travel distances in primates: methodological considerations and socioecological implications. *American Journal of Primatology*, 48: 87–98.
- Isbell, L. (1983). Daily ranging behavior of red colobus (*Colobus badius tephrosceles*) in Kibale Forest, Uganda. *Folia Primatologica*, 41(1-2), 34–48
- Izar, P. (2004). Female social relationship of *Cebus apella nigrinus* in a Southeastern Atlantic forest: an analysis through ecological models of primate social evolution. *Behaviour*, 141: 71–99.
- Izar, P., Verderane, M. P., Peternelli-Dos-Santos, L., Mendonça-Furtado, O., Presotto, A., Tokuda, M., Fragaszy, D. (2012). Flexible and conservative features of social systems in tufted capuchin monkeys: comparing the socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigrinus*. *American Journal of Primatology*, 17: 1–17.

- Janmaat, K. R. L., Byrne, R. W. & Zuberbuhler, K. (2006). Evidence for spatial memory of fruiting states of rain forest trees in wild mangabeys. *Animal Behavior*, 72: 797–780.
- Janmaat, K. R. L., Byrne, R. W. & Zuberbuhler, K. (2006). Primates Take Weather into Account when Searching for Fruits. *Current Biology*, 16: 1232–1237.
- Janson, C. H. & Byrne, R. (2007). What wild primates know about resources: opening the Black Box. *Animal Cognition*, 10: 357–367.
- Janson, C. H. & Di Bitetti, M. S. (1997). Experimental analysis of food detection in capuchin monkeys: effects of distance, travel speed, and resource size. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 41: 17–24
- Janson, C. H. (1998). Experimental evidence for spatial memory in foraging wild capuchin monkeys, *Cebus apella*. *Animal Behaviour*, 55 (5): 1229–1243.
- Janson, C. H. (2007). Experimental evidence for route integration and strategic planning in wild capuchin monkeys. *Animal Cognition*, 10: 341–356.
- Kirkpatrick C.R.; Long Y.C.; Zhong, T. & Xiao, L. (1998). Social organization and range use in the Yunnan snub-nosed monkey (*Rhinopithecus bieti*). *International Journal of Primatology*, 19: 13–51.
- Li, Y. M. (2001). The diet of the Sichuan snub-nosed monkey (*Pygatrix roxellana*) in Shennongjia Nature Reserve, China. *Folia Primatologica*, 72: 40–43.
- Mendiratta, U., Kumar, A., Mishra, C. & Sinha, A. (2009). Winter Ecology of the Macacamuzala in Pangchen Valley, Western Arunachal Pradesh, Northeastern India. *American Journal of Primatology*, 71: 939–941.
- Negreiros, O. C.; Custódio Filho, A.; Dias, A. C.; Franco, G. A. D. C.; Couto, H. T. Z.; Vieira, M.G. & Moura Netto, B. V. (1995) Análise estrutural de um trecho de floresta pluvial tropical, Parque Estadual Carlos Botelho, Núcleo Sete Barras (SP - Brasil). *Revista do Instituto Florestal*, 7: 1–33.
- Normand, E., & Boesch, C. (2009). Sophisticated Euclidean maps in forest chimpanzees. *Animal Behaviour*, 77(5), 1195–1201.
- Noser, R. & Byrne, R. W. (2007a). Metal maps in chacma baboons (*Papio ursinus*): using inter-group encounters as a natural experiment. *Animal Cognition*, 10: 331–340.
- Noser, R., & Byrne, R. W. (2007b). Travel routes and planning of visits to out-of-sight resources in wild chacma baboons, *Papio ursinus*. *Animal Behaviour*, 73(2), 257–266.

- Platt, M. (2006). Animal Cognition: Monkey Meteorology. *Current Biology*, 16(12), 464–466.
- Presotto, A. & Izar, P. (2010). Spatial reference of black capuchin monkeys in Brazilian Atlantic Forest: egocentric or allocentric? *Animal Behaviour*, 80: 125–132.
- Presotto, A. (2009) Mapas cognitivos de primatas: análise de movimentos e rotas de *Cebus nigritus*, apoiada por sistemas de informação geográfica. Ph.D. thesis, University of São Paulo.
- Ren, B.; Li, M.; Long, Y. & Wei, F. (2009). Influence of Day Length, Ambient Temperature, and Seasonality on Daily Travel Distance in the Yunnan Snub-Nosed Monkey at Jinsichang, Yunnan, China. *American Journal of Primatology*, 71: 233–241.
- Schoener, T. W. (1971). Theory of feeding strategies. *Ann. Review of Ecology Evolution and Systematics*, 2: 369–404.
- Shettleworth, S. J. (1998). *Cognition, evolution and behavior*. New York: Oxford University Press. Second Edition: 2010.
- Sigg, H., & Stolba, A. (1981). Home range and daily march in a hamadryas baboon troop. *Folia Primatologica*, 36, 40–75.
- Taira, J. T. (2007). Consumo do palmito juçara (*Euterpe edulis Mart.*) por macacos-prego (*Cebus nigritus*): estratégia de forrageamento ótimo ou requinte de um gourmet? M.Sc. thesis, University of Sao Paulo.
- Terbough, J. & Stern, M. (1987). The Surreptitious Life of the Saddle-backed Tamarin. *American Scientist*, 75(3): 260–269.
- Tomasello, M. & Call J. (1997). *Primate Cognition*. New York: Oxford University Press.
- Valero, A. & Byrne, R. W. (2007). Spider monkey patterns in Mexican subtropical Forest: do travel routes reflect planning? *Animal Cognition*, 10: 305–315.
- Van Doorn, A. C., O’Riain, M. J. & Swedell, L. (2010). The Effects of Extreme Seasonality of Climate and Day Length on the Activity Budget and Diet of Semi-Commensal Chacma Baboons (*Papio ursinus*) in the Cape Peninsula of South Africa. *American Journal of Primatology*, 72: 104–112.

CAPÍTULO 4

Influência do tipo de estímulo (facial x geométrico) sobre a memória operacional visuo-espacial de macacos-prego (*Sapajus libidinosus*)

Belham, Flávia S.¹; Sá, Soraya L.¹; Tomaz, Carlos¹; Tavares & M^a Clotilde H¹.

¹Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. flaviab@uol.com.br

RESUMO

A memória é ecologicamente importante por permitir alterações no comportamento baseadas na recordação de experiências, sendo largamente influenciada pela emoção, especialmente por meio de expressões faciais em animais sociais. Este estudo objetivou investigar a influência de expressões faciais com diferentes valências emocionais no desempenho de macacos-prego cativos adultos em um Teste computadorizado de Reconhecimento Espacial com Atraso. Esperava-se que os animais apresentassem desempenhos distintos em função das valências dos estímulos. Os testes foram realizados no Centro de Primatologia da UnB em quatro sessões semanais no período da manhã durante doze meses. Utilizaram-se estímulos geométricos e faciais com expressões neutras, positivas e negativas. O desempenho foi comparado entre os tipos de estímulo por meio de teste não-paramétrico. Contrariamente à hipótese, não foram observadas diferenças no desempenho do grupo em função da valência emocional dos estímulos faciais. Para dois machos, o desempenho no teste foi significativamente pior com os estímulos faciais do que com os geométricos. Possivelmente, o conteúdo emocional das faces foi preponderante sobre a atenção dos animais em relação à informação espacial do estímulo, sendo essa tendência maior para os machos em virtude de seu papel de vigilância no grupo social.

Palavras-chave: Cativoiro, Emoção, Memória espacial, Primatas não-humanos, Processamento de faces.

ABSTRACT

Memory is ecologically important because it allows changes in behavior based on the recall of experiences, being largely influenced by emotion, especially through facial expressions in social animals. This study aimed to investigate the influence of facial expressions with different emotional valences in the performance of adult captive capuchin monkeys in a computerized Spatial Delayed Recognition Span Task. It was expected that the animals presented different performances depending on the stimuli valences. The tests were performed at the Primate Center at UnB in four weekly sessions in the morning for twelve months. Geometric and facial stimuli with neutral, positive and negative expressions were used. Performance was compared between the categories of stimuli using non-parametric test. Contrary to the hypothesis, no differences were observed in group performance as a function of emotional valence of facial stimuli. For two male, test performance was significantly worse for the facial than the geometric stimuli. Possibly the emotional content of the faces was preponderant in the attention of animals in relation to spatial information of the stimulus, being this tendency greater for males because of their vigilance role in the social group.

Keywords: Captivity, Emotion, Spatial memory, Nonhuman primates, Face processing.

INTRODUÇÃO:

Para que um organismo se comporte de maneira inteligente, é necessário que ele possua a capacidade de antecipar as consequências de uma ação com a maior eficácia possível, o que lhe permite, então, adotar as estratégias que mais aumentarão suas chances de sobrevivência (Garber & Lavalle, 1999). Para isso, a memória – a capacidade de adquirir, reter e utilizar informações ou conhecimentos (Tulving, 1987) – é fundamental, pois sem ela não há o aprendizado, ou seja, as experiências prévias de um indivíduo não podem ser utilizadas como

base para a seleção futura do comportamento mais apropriado (La Cerra & Bingham, 1998; Simon & Kaplan, 1990).

A memória espacial contribui significativamente para a adequação do comportamento a novas situações ambientais, pois permite maior eficiência no forrageamento, fuga, demarcação territorial, navegação espacial e outros. Também é importante para representar internamente objetos no espaço (Garber, 1989), evitar locais onde há predadores e localizar outros indivíduos da espécie (Best, White & Minai, 2001). Em relação ao forrageamento, a memória espacial é fundamental na localização de recursos dispersos (Lürhs *et al.*, 2009), previsão de sua disponibilidade em determinado tempo (Janmaat, Byrne & Zuberbühler, 2006), localização de comida estocada e determinação da rota de forrageio mais curta e rápida entre diversos sítios de alimentação (Di Fiore & Suarez, 2007). Esta escolha de rotas é uma habilidade presente em várias espécies de primatas, padrão que a torna mais segura, eficiente e com menor consumo de tempo e esforço do que a exploração aleatória de uma área, resultando em uma grande pressão seletiva sobre a memória espacial (Ades, 1993; Jacobs *et al.*, 1990; Noser & Byrne, 2007). Um grande número de pesquisas conduzidas com lêmures, macacos-prego e catarrinos tem demonstrado que tais grupos apresentam excelentes conhecimentos espaciais em larga escala e também capacidade de planejamento (Di Fiore & Suarez, 2007; Noser & Byrne, 2007).

O estudo da memória espacial em animais de cativeiro é importante para a construção de hipóteses sobre as diferenças espécie-específicas na anatomia cerebral, nas habilidades de aprendizagem e nos padrões de utilização de recursos e do território (Garber, 1989).

A memória operacional (Baddeley, 1986; Baddeley & Hitch, 1974), tema do presente estudo, foi proposta na década de 1970 como um substituto mais complexo da memória de curto prazo. Ela armazena uma informação apenas pelo período necessário a sua manipulação e utilização na compreensão dos fatos, raciocínio, planejamento e resolução de problemas, por exemplo (Baddeley, 2002; Reuter-Lorenz *et al.*, 2000; Tomaz, Tavares & Caldas, 2000). Dentre os subsistemas que compõe a memória operacional (Baddeley & Hitch, 1974), o arcabouço visuo-espacial possui um importante papel na orientação espacial e na resolução de problemas de caráter visual e espacial, além de uma função

integradora entre os sistemas sensoriais e a memória de longo prazo (Baddeley, 2004; Tomaz *et al.*, 2000), ou seja, a informação a ser manipulada pela memória operacional pode ser proveniente dos sentidos ou de um armazenamento anterior na memória de longo prazo (Jonides, Lacey & Nee, 2005).

Apesar do sistema de memória operacional descrito ter sido proposto por Baddeley primordialmente para humanos, é possível defender que outros animais também apresentem um sistema funcionalmente similar e passível de estudo (Crystal, 2009).

A memória operacional propõe uma troca entre o espaço utilizado e a eficiência do processamento das informações, ou seja, quanto maior a quantidade de itens a serem lembrados e utilizados, menor a capacidade do sistema de realizar outra tarefa simultaneamente (Baddeley & Hitch, 1974). Desta maneira, a memória operacional representaria um sistema de controle, com espaço e capacidade de processamento limitados. A eficiência do processo dependeria da ênfase que o sujeito dá à tarefa, ou seja, o quanto ela é mais importante que as demais. Esta ênfase pode estar relacionada ao valor emocional que a tarefa possui. Emoções são aqui consideradas como respostas psicofisiológicas de atribuição de valor a um dado evento, ou seja, o quanto ele é desejável, ou não, para o indivíduo. São experiências subjetivas acompanhadas de manifestações orgânicas e comportamentais reconhecíveis e estereotipadas, por exemplo, nas expressões corporais e faciais, além de alterações fisiológicas (Damásio, 2000; Dolan, 2002),

As emoções podem ser classificadas de acordo com duas dimensões: alerta e valência. A primeira varia em um contínuo de “calmo” a “excitado” e a segunda pode ser classificada em “negativa”, “neutra” ou “positiva”, dependendo se provocam prazer ou desprazer (Labar & Cabeza, 2006). As emoções de valência negativa são melhor conhecidas pela ciência por três motivos principais: elas possuem maiores manifestações fisiológicas, são mais decisivas para a sobrevivência do organismo e permitem fazer relações mais fortes entre os humanos e os demais animais (Lent, 2010). O Viés da Negatividade é uma hipótese na qual os estímulos e acontecimentos de valência negativa são mais eficientemente memorizados do que os das demais valências. Isto aconteceria porque tais estímulos estão mais relacionados aos eventos de maior influência no valor adaptativo do indivíduo, ou seja, maior importância para sua sobrevivência e reprodução

(Baumeister *et al.*, 2001; Belham *et al.*, 2013; Rozin & Roizman, 2001). Por ter relação direta com o valor adaptativo, o Viés da Negatividade se aplicaria tanto a humanos quanto a outros primatas.

A emoção é um dos principais moduladores da memória. Uma explicação para isto é a alta sobreposição entre os circuitos neurais relacionados com os processos mnemônicos e o sistema límbico, principalmente as estruturas do lobo temporal medial (Gray, Braver & Raichle, 2002; Sarmiento *et al.*, 2007)). Como uma informação é mais facilmente consolidada quando possui um vínculo emocional com o sujeito, esta relação pode ser considerada adaptativa, pois permite que o indivíduo guarde as informações relevantes a sua sobrevivência de maneira mais eficiente (Sarmiento *et al.*, 2007).

O estado emocional de um organismo é transmitido tanto pelo seu contexto comportamental quanto pela sua face (Fox *et al.*, 2000). Esta também transmite dados sobre espécie, identidade, gênero e idade (Guo *et al.*, 2003; Haan, Pascalis & Johnson, 2002). As expressões faciais são uma maneira eficiente de o indivíduo demonstrar suas emoções e interagir socialmente (Damásio, 2000; Dolan, 2002; Fried, Macdonald & Wilson, 1997; Gilboa-Schechtman, Foa & Amir, 1999), além de apresentar valor adaptativo para o organismo que as executa (Hansen & Hansen, 1988; La Cerra & Bingham, 1998), podendo ser consideradas como a forma de manifestação comportamental das emoções mais nítida e importante para a sinalização externa do que o indivíduo está sentindo (Hess, Blairy & Kleck, 1997; Nahm *et al.*, 1997). O valor adaptativo para os primatas está relacionado ao fato de eles viverem em ambientes nos quais a comunicação social é de extrema importância para que cada membro do bando possa perceber as intenções e desejos dos demais.

Também já foi mostrado que macacos tendem a investigar mais a face do que qualquer outra parte do corpo e que, dentro das características faciais, os olhos são os mais notados (Nahm *et al.*, 1997). Maior *et al.* (2010) demonstraram, por meio de um estudo neurofisiológico em indivíduos de macacos japoneses (*M. fuscata*), que primatas não-humanos conseguiram examinar as faces contidas neste conjunto de fotografias e identificar eficientemente sua valência emocional. De acordo com esta evidência e com outras pesquisas que indicam que o processamento da memória emocional e do reconhecimento de faces

ocorre de maneira similar em primatas humanos e não-humanos (Rolls, 2000), no presente estudo optou-se por utilizar o mesmo conjunto de fotografias em vez de fotos de primatas não-humanos. Essa escolha também se justifica pelo fato dos animais testados viverem há muitos anos em cativeiro tendo contato diário com tratadores, veterinários e pesquisadores, e estando, portanto, acostumados a interações sociais com humanos. Não há nenhum conjunto de fotografias com expressões faciais humanas que tenha sido validado para uso com macacos-prego, portanto, este fato não deveria impedir o estudo desta espécie utilizando fotografias de faces.

Apesar de estudos mostrarem que eventos com conteúdo emocional são memorizados mais facilmente (Dolan, 2002), ainda há muitas controvérsias sobre a influência de cada valência (Garcia *et al.*, 2011). A investigação de como a memória é afetada por fatores emocionais - em especial, as expressões faciais - é importante na compreensão das interações sociais de primatas e de suas adaptações à vida em bando, que incluem habilidades espaciais, tais como rotas de forrageio (Fragaszy *et al.*, 2004). Portanto, o objetivo deste trabalho foi investigar a influência de expressões faciais com diferentes valências emocionais no desempenho de macacos-prego cativos adultos em um teste de memória operacional visuo-espacial.

Em primatas, estruturas neurais ligadas à tomada de decisões e à memória estão conectadas com as ligadas à emoção. O córtex orbitofrontal, por exemplo, atua como um integrador de informações advindas do ambiente externo. Entretanto, tais informações chegam ao córtex por meio da amígdala, fazendo que os estímulos ambientais adquiram significância emocional e sejam adequadamente levados em conta para a tomada de decisões (Barbas, 2000). Devido a essas evidências e a estudos conduzidos com humanos utilizando a mesma tarefa do presente trabalho (Belham *et al.* 2013, Satler & Tomaz, 2011), foi predito que os animais apresentariam melhor desempenho para estímulos emocionais do que para geométricos e que ele variaria em função das valências dos estímulos. Além disso, buscou-se comparar o desempenho no teste também em função do sexo e das diferenças individuais.

O presente estudo utilizou macacos-prego como sujeitos experimentais. Os macacos-prego são as espécies do Novo Mundo de maior convergência evolutiva com as do Velho Mundo e com os humanos (Tomaz *et al.*, 2000). São

onívoros e um dos únicos com a capacidade de utilizar ferramentas com um objetivo determinado. Vivem em bandos de cerca de 20 indivíduos, apresentando complexas comunicações sociais, por meio de vocalizações, alterações na postura e expressões faciais. Tem uma vida longa, de aproximadamente 40 anos, pesam entre 2,5kg e 3,5kg e a cauda é mais comprida que o corpo e a cabeça (Fragaszy, Visalberghi & Fedigan, 2004). Tem ocorrência natural no Cerrado e em Brasília e são utilizados com sucesso em estudos cognitivos sobre memória (Tavares & Tomaz, 2002; Tomaz *et al.*, 2000), incluído em um trabalho sobre memória operacional no qual foi aplicado o teste de Escolha Diferente do Modelo com estímulos geométricos e fotografias de faces de macacos-prego com expressões positivas, negativas ou neutras (de acordo com o julgamento de primatólogos) (Abreu *et al.* 2006).

Eles se movimentam ao longo de seu território todos os dias e possuem a capacidade de ir de um sítio de alimentação ao outro de maneira programada e eficiente, sem passar por lugares repetidos. Sua memória espacial aumenta seu sucesso de forrageio, principalmente em áreas com recursos efêmeros e que podem variar em escala de dias (Fragaszy *et al.*, 2004; Garber & Paciulli, 1997; Janmaat *et al.*, 2006; Presotto & Izar, 2010). Além disso, estas espécies possuem um dos mais altos coeficientes de encefalização de primatas não-humanos e seu padrão de fissuras cerebrais é o mais complexo dentre os platirrinos (Pereira-De-Paula *et al.*, 2010). Como dosséis de árvores dificultam consideravelmente as pistas visuais que podem ser usadas por primatas na busca por alimento (Garber, 1989), macacos-prego devem fazer uso de boa memória espacial quando estão forrageando neste tipo de ambiente.

MÉTODOS

Sujeitos

Os sujeitos utilizados foram macacos-prego cativos adultos: três machos com aproximadamente 11, 13 e 15 anos de idade (Kiko, Pingo e Belo); e duas fêmeas com aproximadamente 15 e 16 anos de idade (Ronaldinha e Salome). Os animais vivem em recintos com outros animais, formando grupos de três a cinco macacos, agrupados por parentesco ou afinidade. Os grupos sofrem

alterações de tempo em tempo dependendo do número total de animais, reformas, experimentos, nascimentos ou brigas. Portanto, todos os macacos testados possuem uma grande experiência social com outros animais e também com os veterinários, tratadores e pesquisadores que frequentam o Centro de Primatologia. Apenas um dos machos, Belo, não possuía experiência prévia na realização de testes de memória operacional em tela de toque.

Local

O presente estudo foi realizado no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília (número de registro IBAMA 1/53/1999/000006-2. 16°30"S, 46°30"O.), que segue todas as normas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Os animais foram mantidos em viveiros com condições naturais de luminosidade, temperatura e umidade. Cada recinto, com dimensões de 4m x 2m x 2,5m (profundidade, largura e altura, respectivamente), possui uma caixa ninho que funciona como local de proteção para os animais, sistema de bebedouro automático, comedouro e poleiros, além de cordas e pneus usados para fins de enriquecimento ambiental. Os recintos estão situados em meio à mata de galeria e contêm, no teto, uma parte coberta para proteção de chuva e uma parte aberta para a entrada da luz do sol.

Teste de Reconhecimento Espacial com Atraso (TREA)

O teste utilizado neste estudo, apresentado aos sujeitos em um monitor com tela sensível ao toque (LG Studio Works 440, Microtouch), foi o TREA (em inglês, *Spatial Delayed Recognition Span Task* - SDRST), que usa o programa computacional SYSMEN (desenvolvido por Ricardo S. Chiba em 2004 para nosso grupo de pesquisa).

A tarefa dos sujeitos consistia em discriminar um estímulo em uma nova localização da tela do monitor, dentro de um número crescente de estímulos idênticos apresentados sequencialmente em várias localizações (Beason-Held *et al.*, 1999; Lacreuse, G. & Moss, 2000; Lacreuse *et al.*, 2005; Lacreuse, Wilson & Herndon, 2002). O estímulo era apresentado em uma das 16 possibilidades de posição na tela (determinada aleatoriamente pelo programa computacional) e o sujeito deveria tocá-lo. Após o toque na tela, o estímulo desaparecia e, após três segundos, o sujeito era apresentado a dois estímulos idênticos ao original, um

na mesma posição anteriormente apresentada e outro em uma nova posição. O sujeito deveria tocar o estímulo na nova posição. O número de estímulos seguia crescendo até atingir oito (Figura 1). Em caso de respostas corretas, o sujeito ouvia um som agudo e recebia uma recompensa alimentar de alta palatabilidade. Respostas erradas eram seguidas de um som grave e uma nova tentativa recomençava com um único estímulo. Cada sequência crescente de estímulos (1 a 8) correspondia a uma tentativa e um conjunto de 45 tentativas seguidas correspondia a uma sessão. Este teste mede a memória operacional visuo-espacial do sujeito, pois a informação da localização dos estímulos é relevante apenas durante aquela tentativa, uma vez que a localização dos estímulos não se repetia entre as tentativas (Lacreuse *et al.*, 2005).

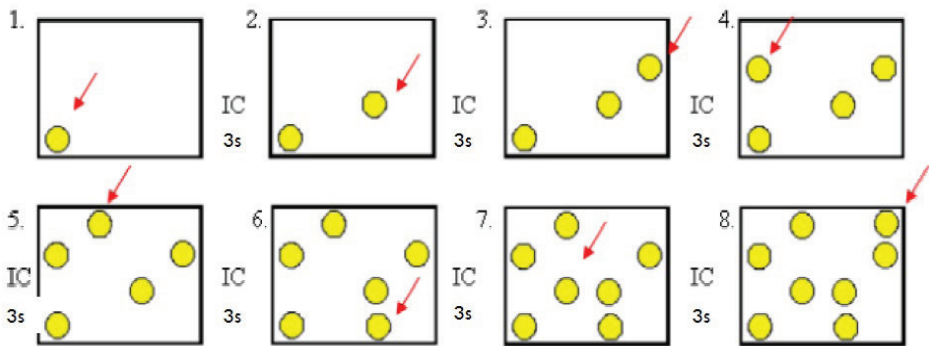


Figura 1. Esquema do TREA. A tarefa dos sujeitos era identificar a última localização na qual o estímulo tinha sido apresentado. As respostas corretas estão indicadas pelas setas.

Os estímulos utilizados no TREA consistiam de imagens geométricas (quadrados e círculos coloridos com 2cm de altura/diâmetro, apresentadas sobre um fundo branco) e afetivas, de valências positiva, negativa e neutra. Este arranjo visou investigar a influência da emoção na memória operacional visuo-espacial dos sujeitos, já que diferenças no desempenho em cada categoria representa a interação entre emoção e cognição (Garcia *et al.* 2011). Os estímulos afetivos, representando expressões faciais de felicidade e raiva, foram compostos por fotografias de faces humanas cedidas pelo grupo do Professor Doutor Hisao Nishijo da Universidade de Toyama no Japão. Tais fotografias (3cm de largura por 4cm de altura) eram constituídas por quatro modelos humanos adultos

(três homens e uma mulher) e foram manipuladas de modo a mostrar apenas a face, sem interferência do fundo, do pescoço ou do cabelo.

Procedimento

Os macacos realizaram os testes dentro de seus próprios viveiros, evitando, assim, o estresse de captura e contenção. Eles não foram privados de comida, água ou movimento. Todos os testes ocorreram pela manhã entre 8h e 12h de modo a minimizar a influência de variações hormonais, de temperatura e de luminosidade.

Antes do teste propriamente dito, os animais passaram por uma fase de treinamento. Nesta fase, uma versão simplificada do TREA foi apresentada, na qual a sequência máxima era de dois estímulos por tentativa e apenas imagens geométricas foram utilizados. As sessões experimentais ocorreram de três a quatro vezes por semana com 45 tentativas em cada sessão. Para que o animal fosse considerado apto para iniciar o a fase de teste, ele deveria atingir o critério de aprendizagem, definido com base na experiência anterior da equipe do laboratório, de 18 tentativas corretas em 20 realizadas, em duas sessões consecutivas.

Durante o teste, foram utilizadas as quatro categorias de estímulo (geométricos, faces negativas, faces neutras e faces positivas), cada uma apresentada em 250 tentativas com sequência máxima de oito estímulos cada. As tentativas foram divididas em sessões que aconteciam quatro vezes por semana e não ultrapassavam 45 tentativas, de modo a não fatigar os animais. Uma nova categoria de estímulo só era apresentada quando as 250 tentativas da categoria anterior eram concluídas. Essa divisão teve como objetivo verificar a influência de cada valência emocional separadamente no desempenho do animal. A ordem das categorias faciais foi contrabalanceada entre os animais. As sessões eram encerradas antes do término das 45 tentativas caso o animal não respondesse ao teste por no mínimo 15 minutos ininterruptos, ou caso ele levasse mais que 10 segundos para dar uma resposta. Cada animal realizou 250 tentativas do TREA com sequência máxima de oito estímulos em cada uma das quatro categorias de estímulo (geométrico, faces neutras, faces negativas e faces positivas), resultando em 1000 tentativas totais. Isto foi obtido em aproximadamente 25 sessões experimentais com cada animal.

Todos os estímulos dentro de uma mesma tentativa representavam a mesma figura, porém duas tentativas seguidas nunca tinham a mesma imagem. Este delineamento objetivou tornar claro para o sujeito que uma nova tentativa estava se iniciando e que as informações espaciais da tentativa anterior não eram mais necessárias.

O desempenho no teste foi medido de acordo com a média do número de respostas corretas antes de uma resposta errada em cada sessão (Beason-Held *et al.*, 1999). Estes dados foram comparados entre vários grupos e categorias: (a) machos X fêmeas; (b) estímulos geométricos X estímulos faciais; (c) faces neutras X faces com valência emocional; faces com valência negativa X faces com valência positiva.

As análises estatísticas do desempenho foram realizadas no programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 18.0 (SPSS inc., Chicago, IL, 2009). Para determinar se o desempenho no TREA havia sido acima do esperado ao acaso, foi necessário calcular o valor da probabilidade do sujeito acertar todos os estímulos da tentativa. Este cálculo foi feito somando-se a probabilidade de acertar o primeiro estímulo (1,0), com a de acertar o segundo estímulo (1,0 x 0,5), o terceiro estímulo (1,0 x 0,5 x 0,33) e assim por diante, até oito, resultando no valor de 1,72. Para o desempenho ser considerado acima do acaso, a média de estímulos escolhidos corretamente antes de um erro deveria ser maior do que este valor (Beason-Held *et al.*, 1999; Lacreuse *et al.*, 2005). Foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para comparação dos grupos e das categorias e o teste de Friedman seguido do de Wilcoxon para a correlação entre o desempenho e a sessão experimental. O nível de significância foi definido como 0,05.

RESULTADOS

Os resultados mostraram que não houve diferenças quanto ao desempenho do grupo frente às diferentes categorias de estímulo ($\chi^2=3,960$; $gl=3$; $p=0,266$) (Figura 2). Também não houve diferença entre o desempenho na categoria de estímulos geométricos e o conjunto de estímulos faciais ($z=-1,483$; $p=0,188$), entre a face neutra e as faces emocionais ($z=-0,994$; $p=0,345$) ou entre a valência negativa e a positiva ($z=-0,135$; $p=0,893$).

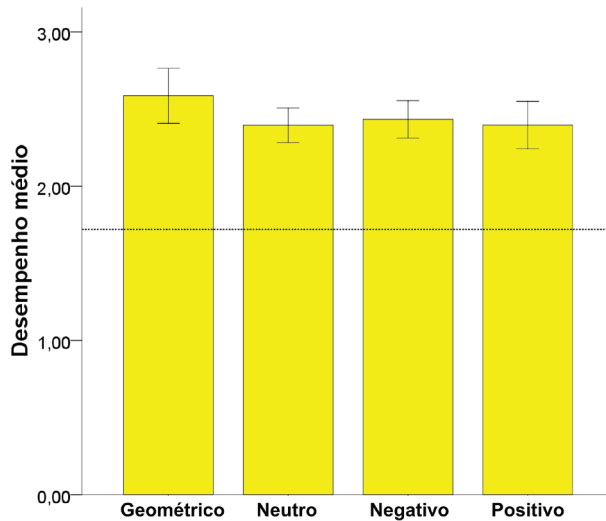
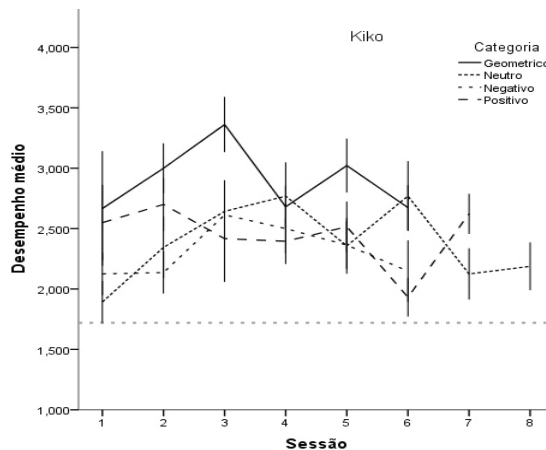
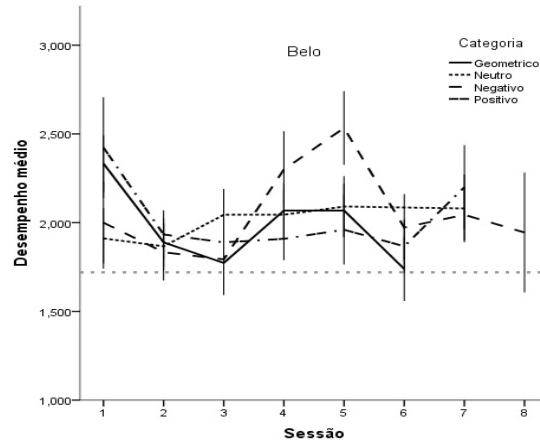


Figura 2. Média do desempenho de *C. libidinosus* adultos ($n=5$; 3 machos, 2 fêmeas) frente a cada categoria de estímulo no TREA. A linha pontilhada representa o nível do acaso. Todas as categorias foram respondidas acima do acaso, mas não houve diferenças significativas entre elas.

Os cinco animais apresentaram desempenho acima do acaso de 1,72 em todas as categorias (Tabela 1). A figura 3 mostra a curva de aprendizagem para cada indivíduo em cada categoria. Não houve alteração significativa para nenhum animal em nenhuma categoria ($r < 0,200$; $p > 0,05$), ou seja, eles mantiveram o desempenho constante ao longo de cada teste. Não houve diferenças entre machos e fêmeas em nenhuma das categorias de estímulo (Geométrico: $z = -0,577$; $p = 0,800$. Neutro: $z = -0,577$; $p = 0,800$. Negativo: $z = -0,577$; $p = 0,800$. Positivo: $z = 0,001$; $p = 0,99$).

A comparação do desempenho entre as categorias para cada animal analisado separadamente indicou que apenas Kiko ($f = 8,954$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e Ronaldinha ($f = 3,612$; $gl = 3$; $p = 0,013$) apresentaram diferenças significativas (Pingo: $f = 1,520$; $gl = 3$; $p = 0,208$. Belo: $f = 0,366$; $gl = 3$; $p = 0,778$. Salomé: $f = 0,149$; $gl = 217$; $p = 0,925$). Para Kiko, a categoria geométrica levou ao melhor desempenho em comparação a todas as categorias faciais; para Ronaldinha, a categoria positiva gerou pior desempenho do que a negativa e a geométrica. A comparação entre a categoria de estímulos geométricos e o conjunto de estímulos faciais, mostrou que, além de Kiko, Pingo também teve um melhor

desempenho frente aos estímulos geométricos ($t=2,031$; $gl=246$; $p=0,043$). A comparação entre a face neutra e as faces emocionais não gerou diferenças em nenhum indivíduo (Belo: $t=-0,201$; $gl=248$; $p=0,841$. Ronaldinha: $t=1,144$; $gl=224$; $p=0,252$. Pingo: $t=-1,028$. $gl=226$; $p=0,305$. Salomé: $t=0,107$; $gl=246$; $p=0,915$. Kiko: $t=-0,85$; $gl=233$; $p=0,932$). A comparação entre as valências negativa e positiva mostrou diferenças apenas para Ronaldinha, como já havia sido mencionado (Belo: $t=0,789$; $gl=246$; $p=0,431$. Ronaldinha: $t=2,492$; $gl=216$; $p=0,013$. Pingo: $t=-0,194$. $gl=226$. $P=0,847$. Salomé: $t=-0,653$. $Gl=230$; $p=0,515$. Kiko: $t=-0,713$; $gl=234$; $p=0,477$).



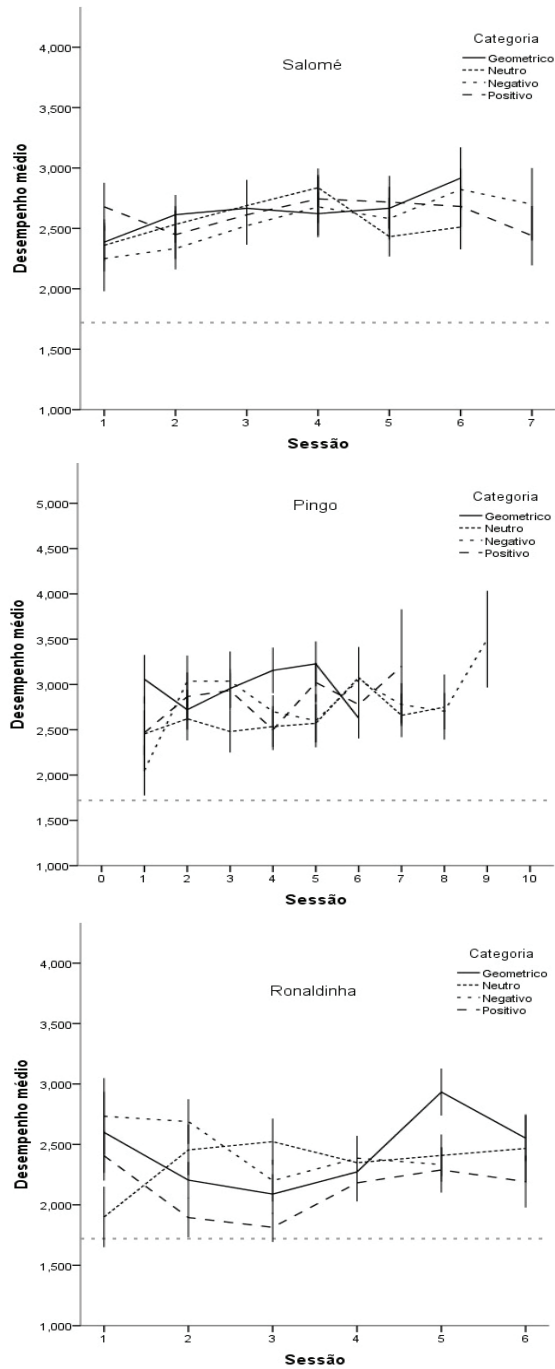


Figura 3. Curvas de desempenho apresentadas por *C. libidinosus* (n=5) na fase de teste do TREA frente às quatro categorias de estímulo. A linha pontilhada horizontal representa o nível do acaso.

Tabela 1. Comparações do desempenho de *C. libidinosus* (n=5) no teste TREA para diferentes categorias de estímulo com o nível de acaso de 1,72.

Animal	Geométrico				Faces neutras				Faces negativas				Faces positivas			
	Média	t	gl	p	Média	t	gl	p	Média	t	gl	p	Média	t	gl	p
Belo	2	4,438	244	<0,001	2	4,383	248	<0,001	2,06	4,706	248	<0,001	1,98	4,15	249	<0,001
Kiko	2,93	13,27	245	<0,001	2,36	7,594	236	<0,001	2,33	7,761	243	<0,001	2,44	9,031	240	<0,001
Pingo	2,97	12,8	246	<0,001	2,64	9,833	243	<0,001	2,8	12,22	262	<0,001	2,7	11,79	247	<0,001
Ronaldinha	2,41	9,007	221	<0,001	2,39	7,99	224	<0,001	2,42	8,522	223	<0,001	2,12	5,623	227	<0,001
Salomé	2,62	12,22	246	<0,001	2,57	11,56	246	<0,001	2,57	11,26	241	<0,001	2,64	11,86	248	<0,001

t = valor do score T; gl = graus de liberdade; p = nível de significância.

DISCUSSÃO

O desempenho acima do nível do acaso dos animais adultos demonstra que eles foram capazes de aprender e realizar com sucesso este teste computadorizado de memória operacional visuo-espacial. Isto corrobora que esta espécie pode ser utilizada em estudos que dependam de equipamentos eletrônicos como monitores sensíveis ao toque (Brino *et al.*, 2104; Cruz *et al.*, 2009; McGonigle, Chalmers & Dickinson, 2003).

A baixa correlação entre o desempenho médio em cada sessão e o número da sessão indica que a quantidade de tentativas foi adequada para detecção do desempenho dos animais, já que eles não demonstraram sinais de fadiga. Entretanto, isto também sugere que não houve aprendizagem ao longo do experimento, ou seja, os macacos atingiram seu desempenho máximo já durante as primeiras sessões.

No presente estudo, não foram encontradas diferenças significativas entre os desempenhos de machos e fêmeas no teste, apesar de dados anteriores sugerirem diferenças entre os sexos tanto na capacidade visuo-espacial quanto no reconhecimento de expressões faciais (Fiori, 2006), que são habilidades necessárias e fundamentais para realização do TREA.

Em espécies nas quais machos e fêmeas sofrem pressões evolutivas diferentes, é possível dizer que a seleção natural é um dos fatores que moldam as habilidades cognitivas e, consequentemente, o comportamento (Jacobs *et al.*, 1990). De acordo com a hipótese da amplitude de área (no original, *range size hypothesis*), a memória espacial é usualmente melhor em machos de espécies poligínicas nas quais este gênero tem um maior território (Jones & Wilson, 2005; Lacreuse *et al.*, 2005; Perdue *et al.*, 2011). Nestas espécies, machos sofrem pressão seletiva para explorar uma área maior e maximizar seu sucesso reprodutivo (Barkley & Jacobs, 2007). Entretanto, os padrões de forrageio de macacos-prego diferem em alguns aspectos segundo o gênero do animal. Por exemplo, apesar de ambos os gêneros passarem a mesma quantidade de tempo ingerindo comida, as fêmeas forrageiam por um tempo maior a cada dia. Além disso, machos despendem mais tempo comendo presas animais (Fragaszy *et al.*, 2004). Por outro lado, existem espécies de macacos-prego nas quais são as fêmeas que lideram os movimentos dos grupos, mesmo quando os machos são dominantes. Em *C. capucinus*, por exemplo, foi

sugerido que, devido a sua maior demanda energética, as fêmeas liderem os grupos para conseguir prioridade de acesso aos recursos encontrados. Outra explicação para a liderança das fêmeas é que, em muitas espécies platirrinas, apenas as fêmeas possuem visão tricromática, o que lhes confere uma possível vantagem na detecção e seleção de frutas e outros recursos (Araújo *et al.*, 2008; Melin, Fedigan & Hiramatsu, 2008). Tais fatores poderiam explicar as similaridades encontradas entre os gêneros no presente estudo.

Além do que já foi mencionado, uma possível limitação deste estudo que pode ter contribuído para a similaridade no desempenho de machos e fêmeas foi a idade dos animais. Apesar de ainda não serem considerados idosos, quatro dos cinco macacos adultos tinham aproximadamente 15 anos de idade. Lacreuse *et al.* (2005) mostraram, em um estudo sobre memória operacional visuo-espacial em macacos rhesus, que machos adultos jovens apresentam desempenho superior ao das fêmeas adultas jovens, mas que essa diferença não mais existe nos animais com idade avançada. É possível que os sujeitos do presente estudo já estejam na faixa etária na qual não são mais observadas diferenças entre os gêneros. Seria interessante repetir este experimento com macacos logo após a sua maturação sexual para analisar possíveis diferenças nos resultados. O que o trabalho de Lacreuse *et al.* (2005) também mostrou é que fêmeas são mais beneficiadas por treinamento na tarefa do que os machos. Seria interessante repetir o presente experimento com animais inexperientes para ver se este padrão também ocorre em macacos-prego. Outra questão é a maneira como o teste foi conduzido. A fim de evitar o estresse de captura e contenção, os testes foram realizados nos próprios viveiros dos animais, sem isolamento visual ou auditivo. Apesar de não ter sido medido o tempo de resposta ou feitas comparações objetivas entre os comportamentos dos machos e das fêmeas durante o teste, do ponto de vista biológico, machos tendem a ser mais vigilantes ao ambiente do que as fêmeas (Rose & Fedigan, 1995; Stojan-Dolar & Heymann, 2010). Já que o TREA é um teste que exige concentração, o desempenho dos machos pode ter sido mais afetado por influências externas ou sociais (Judge & Bruno, 2012), como comportamentos direcionados a eles por outros macacos, animais vocalizando próximo ao local de estudo, barulho do vento, entre outros.

A similaridade de desempenhos em função da categoria dos estímulos faciais está de acordo com o encontrado no outro estudo de memória operacional realizado no Centro de Primatologia da UnB, no qual o desempenho das cinco fêmeas e dos dois machos utilizados não diferiu frente aos estímulos de diferentes valências (Abreu *et al.*, 2006). Dois dos três machos no presente estudo, entretanto, apresentaram melhor desempenho frente a estímulos geométricos em comparação ao conjunto de estímulos faciais, enquanto que, para as fêmeas e para o macho Belo, não foram observadas diferenças entre essas categorias. As expressões faciais são importantes pistas para a interação entre um indivíduo e outro do bando. Machos tendem a ser dominantes no bando e, portanto, mais vigilantes aos demais membros (Rose & Fedigan, 1995; Stojan-Dolar & Heymann, 2010). Estudos mostram que estímulos com alto impacto social ou afetivo prejudicam o desempenho em testes cognitivos nos quais a informação a ser lembrada (no caso, a posição do estímulo na tela) não envolve o conteúdo da imagem (Abreu *et al.*, 2006; Satler & Tomaz, 2011). Assim, pode se supor que estes dois machos tiveram o desempenho prejudicado pelo conteúdo emocional das fotografias, o que não aconteceu com as fêmeas.

Por outro lado, expressões faciais são importantes na interação entre a mãe e o filhote (Hrdy, 2009), o que poderia fazer com que as fêmeas tivessem melhor desempenho frente aos estímulos faciais. Como isso também não foi observado no presente experimento, é possível que o temperamento e o desenvolvimento individual de cada animal seja o que mais afetou seu desempenho. James *et al.* (2007) demonstraram que a impulsividade e a curiosidade eram inversamente proporcionais ao desempenho em testes de memória espacial em macacos-verdes (*Chlorocebus aethiops sabaeus*), logo, a diferença de Belo para os outros machos pode, talvez, ser explicada pelas características individuais no comportamento dos animais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível fazer algumas sugestões para pesquisas futuras com base nos resultados e nas limitações do presente estudo. Sobre os estímulos utilizados, já foi demonstrado que faces de raiva com a boca aberta fazem parte dos sinais

agonísticos para primatas não-humanos. É possível que faces com a boca fechada não gerem reações tão aversivas (Nahm *et al.*, 1997). Portanto, seria interessante a utilização de faces com expressões de raiva com a boca apresentada nas duas configurações, para comparação de como esta característica influencia o desempenho dos animais.

Enquanto que, para humanos, as expressões faciais são divididas em negativas, neutras e positivas, alguns autores argumentam que, para os outros primatas, a classificação deveria ser feita sobre um eixo de dominância-submissão. Medo e raiva, por exemplo, ficariam juntas como valência negativa para humanos, porém ficariam em pontas opostas do eixo dominância-submissão (Hoffman *et al.*, 2007). O presente estudo utilizou apenas faces de raiva como estímulos negativos, portanto este aspecto não teve influência sobre os resultados, mas seria interessante repetir o experimento com faces negativas, mas de submissão para investigar como estes parâmetros influenciam na memória dos animais.

Hess *et al.* (1997) observaram que a acurácia na identificação de expressões faciais é dependente do gênero da pessoa que está realizando a expressão. Assim, seria útil a análise do desempenho no TREA também em função do gênero da face apresentada na fotografia.

Ohman, Lundqvist e Esteves (2001) relatam que há diferenças no desempenho em testes cognitivos quando o estímulo facial utilizado é de raiva ou de tristeza. Ou seja, mesmo ambas apresentando valência negativa, as faces de raiva evocariam uma reação inconsciente de medo, atraindo mais atenção e facilitando a memorização deste tipo de estímulo. Seria interessante, portanto, em próximos estudos, verificar se esta diferença entre estímulos de valência negativa existe ou não.

Os resultados obtidos no presente estudo confirmam que macacos-prego são capazes de desempenhar com sucesso tarefas cognitivas em equipamentos computadorizados. Seu desempenho acima do acaso para os estímulos emocionais apesar do treinamento apenas com estímulos geométricos sugere que eles conseguem transferir regras previamente aprendidas para novas tarefas e que eles podem ser utilizados em estudos sobre a interação entre emoção e cognição.

APROVAÇÃO EM COMITÊ DE ÉTICA E AGRADECIMENTOS

Este projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal do Instituto de Ciências Biológicas (UnBDOC nº 63853/2011). Os autores agradecem ao Prof. Dr. Hisao Nishijo da Universidade de Tomoya no Japão pela concessão das fotografias utilizadas no teste. À época do estudo, Flávia S. Belham recebia bolsa CNPq/mestrado.

REFERÊNCIAS

- Abreu, C. T.; Tavares, M. C. H.; Marchetti, A.; D'onofrio, A.; Gasbarri, A. & Tomaz, C. A novel working-memory test using capuchin monkeys (*Cebus apella*) emotional faces. **Neurobiologia**, v. 69, p. 1-4, 2006.
- Ades, C. Por uma história natural da memória. **Psicologia USP**, v. 4, n. 1/2, p. 25-47, 1993.
- Araújo, A. C.; Didonet, J. J.; Araújo, C. S.; Saletti, P. G.; Borges, T. R. J. & Pessoa, V. F. Color vision in the black howler monkey (*Alouatta caraya*). **Visual Neuroscience**, v. 25, p. 243-248, 2008.
- Baddeley, A. D. **Working Memory**. Oxford: Oxford University Press, 1986.
- _____. Is working memory still working? **European Psychologist**, v. 7, n. 2, p. 85-97, 2002.
- _____. The psychology of memory. In: Baddeley, A.; Kopelman, M. D., *et al* (Ed.). **The essential handbook of memory disorders for clinicians**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. p.1-13.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. Working Memory. In: Bower, G. H. (Ed.). **The Psychology of Learning and Motivation**. New York: Academic Press, v.8, 1974. p.47-90.
- Barbas, H. Connections underlying the synthesis of cognition, memory, and emotion in primate prefrontal cortices. **Brain Research Bulletin**, v. 52, n.5, p. 319-330, 2000.
- Barkley, C. L. & Jacobs, L. F. Sex and species differences in spatial memory in food-storing kangaroo rats. **Animal Behavior**, v. 73, p. 321-329, 2007.
- Baumeister, R. F.; Bratslavsky, E.; Finkenauer, C. & Vohs, K. D. Bad is stronger than good. **Review of General Psychology**, v. 5, p. 323-370, 2001.
- Beason-Held, L. L.; Rosene, D. L.; Killiany, R. J. & Moss, M. B. Hippocampal formation lesions produce memory impairment in the rhesus monkey. **Hippocampus**, v. 9, p. 562-574, 1999.

- Belham, F. S.; Satler, C.; Garcia, A.; Tomaz, C.; Gasbarri, A.; Rego, A. & Tavares, M. C. H. Age-related differences in cortical activity during a visuo-spatial working memory task with facial stimuli. **PLoS ONE**. 8(9): e75778. doi: 10.1371/journal.pone.0075778
- Best, P. J.; White, A. M. & Minai, A. Spatial processing in the brain: the activity of hippocampal place cells. **Annual Review in Neurosciences**, v. 24, p. 459-486, 2001.
- Brino, A. L. F.; Campos, R. S.; Galvão, O. F. & McIvane, W. J. Blank-comparison matching-to-sample reveals a false positive symmetry test in a capuchin monkey. **Psychology & Neuroscience**, v. 7, n. 2, p. 193-198, 2014.
- Cruz, I. L. R. N.; Kataoka, K. B.; Costa, A. C. O.; Garotti, M. F.; Galvão, O. F. & Barros, R. S. Modelagem do estímulo-modelo para estabelecer relações condicionais arbitrárias em macacos-prego (*Cebus apella*). **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, v. 61, n. 3, p. 128-139, 2009.
- Crystal, J. D. Elements of episodic-like memory in animal models. **Behavioural Processes**, v. 80, p. 269-277, 2009.
- Damásio, A. **O Mistério da Consciência: do Corpo e das Emoções ao Conhecimento de Si**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000. 474
- Di Fiore, A. & Suarez, S. A. Route-based travel and shared routes in sympatric spider and woolly monkeys: cognitive and evolutionary implications. **Animal Cognition**, v. 10, n. 3, p. 317-329, 2007.
- Dolan, R. J. Emotion, cognition and behavior. **Science**, v. 298, p. 1191-1194, 2002.
- Fiori, N. **As Neurociências Cognitivas**. Petrópolis: Vozes, 2006. 230
- Fox, E.; Russo, R.; Bowles, R. J.; Pichler, A. & Dutton, K. Facial expressions of emotions: Are angry faces detected more efficiently? **Cognition and Emotion**, v. 14, n. 1, p. 61-92, 2000.
- Fragaszy, D. M.; Visalberghi, E. & Fedigan, L. M. **The complete capuchin: the biology of the genus *Cebus***. Cambridge: University Press, 2004. 339
- Fried, I.; Macdonald, K. A. & Wilson, C. L. Single neuron activity in human hippocampus and amygdala during recognition of faces and objects. **Neuron**, v. 18, p. 753-765, 1997.
- Garber, P. A. Role of spatial memory in primate foraging patterns: *Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis*. **American Journal of Primatology**, v. 19, p. 203-216, 1989.

- Garber, P. A. & Lavalle, A. Experimental approaches to the study of primate cognition in natural and near-to-wild field settings. In: Garber, P. A. & Leigh, S. (Ed.). **Readings in the Biological Bases for Human Behavior**. 4. Boston: Pearson Custom Publishing, 1999. p.289.
- Garber, P. A. & Paciulli, L. M. Experimental field study of spatial memory and learning in wild capuchin monkeys (*Cebus capucinus*). **Folia Primatologica**, v. 68, p. 236-253, 1997.
- Garcia, A.; Uribe, C. E.; Tavares, M. C. H. & Tomaz, C. EEG and autonomic responses during performnce of matching and non-matching to sample working memory tasks with emotional content. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 5, n. 82, 2011.
- Gilboa-Schechtman, E.; Foa, E. B. & Amir, N. Attentional biases for facial expressions in social phobia: the Face-in-the-crowd Paradigm. **Cognition and Emotion**, v. 13, n. 3, p. 305-318, 1999.
- Gray, J. R.; Braver, T. S. & Raichle, M. E. Integration of emotion and cognition in the lateral prefrontal cortex. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, n. 6, p. 4115-4120, 2002.
- Guo, K.; Robertson, R. G.; Mahmoodi, S.; Tadmor, Y. & Young, M. P. How do monkeys view faces? - a study of eye movements. **Experimental Brain Research**, v. 150, p. 363-374, 2003.
- Haan, M.; Pascalis, O. & Johnson, M. H. Specialization of neural mechanisms underlying face recognition in human infants. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 14, n. 2, p. 199-209, 2002.
- Hansen, C. H. & Hansen, R. D. Finding the face in the crowd: an anger superiority effect. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 54, n. 6, p. 917-924, 1988.
- Hess, U.; Blairy, S. & Kleck, R. E. The intensity of emotional facial expressions and decoding accuracy. **Journal of Nonverbal Behavior**, v. 21, n. 4, p. 241-257, 1997.
- Hoffman, K. L.; Gothard, K. M.; Schmid, M. C. & Logothetis, N. K. Facial-expression and gaze-selective expression in the monkey amygdala. **Current Biology**, v. 17, p. 766-772, 2007.
- Hyrd, S.B. **Mothers and others: The evolutionary origins of mutual understanding**. Cambridge: Harvard University Press, 2009.
- Jacobs, L. F.; Gaulin, S. J. C.; Sherry, D. F. & Hoffman, G. E. Evolution of spatial cognition: sex-especific patterns of spatial behavior predict hippocampal size. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 87, p. 6349-6352, 1990.

- James, A. S.; Groman, S. M.; Seu, E.; Jorgensen, M.; Fairbanks, L. A. & Jentsch, J. D. Dimensions of impulsivity are associated with poor spatial working memory performance in monkeys. **The Journal of Neuroscience**, v. 27, n. 52, p. 14358-14364, 2007.
- Janmaat, K. R. L.; Byrne, R. W. & Zuberbühler, K. Evidence for a spatial memory of fruiting states of rainforest trees in wild mangabeys. **Animal Behavior**, v. 3, n. 12, p. 2187-2199, 2006.
- Jones, M. W. & Wilson, M. A. Theta rhythms coordinate hippocampal-prefrontal interactions in a spatial memory task. **PLoS Biology**, v. 3, n. 12, p. 2187-2199, 2005.
- Jonides, J.; Lacey, S. C. & Nee, D. E. Processes of working memory in mind and brain. **Current Directions in Psychological Sciences**, v. 14, n. 1, p. 2-5, 2005.
- Judge, P. G. & Bruno, S. Transport of functionally appropriate tools by capuchin monkeys (*Cebus apella*). **American Journal of Primatology**, v. 74, p. 199-209, 2012.
- La Cerra, P. & Bingham, R. The adaptive nature of the human neurocognitive architecture: an alternative model. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 95, p. 11290-11294, 1998.
- Labar, K. S. & Cabeza, R. Cognitive neuroscience of emotional memory. **Nature Reviews**, v. 7, p. 54-64, 2006.
- Lacreuse, A.; G., H. J. & Moss, M. B. Cognitive function in aged ovariectomized female rhesus monkeys. **Behavioral Neuroscience**, v. 114, n. 3, p. 506-513, 2000.
- Lacreuse, A. *et al.* Sex, age and training modulate spatial memory in the rhesus monkey (*Macaca mulatta*). **Behavioral Neuroscience**, v. 119, n. 1, p. 118-126, 2005.
- Lacreuse, A.; Wilson, M. E. & Herndon, J. G. Estradiol, but not raloxifene, improves aspects of spatial working memory in aged ovariectomized rhesus monkeys. **Neurobiology of Aging**, v. 23, p. 589-600, 2002.
- Lent, R. Mentes emocionais, mentes racionais: As bases neurais da emoção e da razão. In: Lent, R. (Ed.). **Cem bilhões de neurônios? Conceitos fundamentais de neurociências**. 2. Rio de Janeiro: Atheneu, 2010. p.715-746.
- Lürhs, M. L.; Dammhahn, M.; Kappeler, P. M. & Fichtel, C. Spatial memory in the grey mouse lemur (*Microcebus murinus*). **Animal Cognition**, v. 12, 2009.
- Maior, R. S.; Hori, E.; Tomaz, C.; Ono, T. & Nishijo, H. The monkey pulvinar neurons differentially respond to emotional expressions of human faces. **Behavioral Brain Research**, v. 215, p. 129-135, 2010.

- McGonigle, B.; Chalmers, M. & Dickinson, A. Concurrent disjoint and reciprocal classification by *Cebus apella* in seriation tasks: evidence for hierarchical organization. **Animal Cognition**, v. 6, n. 3, p. 185-197, 2003.
- Melin, A. D.; Fedigan, L. M. & Hiramatsu, C. Polymorphic color vision in white-faced capuchins (*Cebus capucinus*): Is there foraging niche divergence among phenotypes? **Behavioral Ecology of Sociobiology**, v. 62, p. 659-670, 2008.
- Nahm, F. K. D.; Perret, A.; Amaral, D. G. & Albright, T. D. How do monkeys look at faces? **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 9, n. 5, p. 611-623, 1997.
- Noser, R. & Byrne, R. W. Mental maps in chacma baboons (*Papio ursinus*): using inter-group encounters as a natural experiment. **Animal Cognition**, v. 10, p. 331-340, 2007.
- Ohman, A.; Lundqvist, D. & Esteves, F. The face in the crowd revisited: A threat advantage with schematic stimuli. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 80, n. 3, p. 381-396, 2001.
- Perdue, B. M.; Snyder, R. J.; Zhihe, Z.; Marr, M. J. & Maple, T. R. Sex differences in spatial ability: a test of the range size hypothesis in the order Carnivora. **Biological Letters**, 2011.
- Pereira-De-Paula, J.; Do Prado, Y. C. L.; Tomaz, C. & Aversi-Ferreira, T. A. Anatomical study of the main sulci and gyri of the *Cebus libidinosus* brain (*Rylands, 2000*). **Neurobiology**, v. 73, n. 2, p. 65-78, 2010.
- Presotto, A. & Izar, P. Spatial reference of black capuchin monkeys in Brazilian Atlantic Forest: egocentric or allocentric? **Animal Behaviour**, v. 80, n. 1, p. 125-132, 2010.
- Reuter-Lorenz, P. A.; Jonides, J.; Smith, E. E.; Hartley, A.; Miller, A.; Marshuetz, C. & Koeppel, R. A. Age differences in the frontal lateralisation of verbal and spatial working memory revealed by PET. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 12, n. 1, p. 174-187, 2000.
- Rolls, E. T. Functions of the primate temporal lobe cortical visual areas in invariant visual object and face recognition. **Neuron**, v. 27, p. 205-218, 2000.
- Rose, L. M. & Fedigan, L. M. Vigilance in white-faced capuchins, *Cebus capucinus*, in Costa Rica. **Animal Behavior**, v. 49, p. 63-70, 1995.
- Rozin, P. & Roizman, E. Negativity bias, negativity dominance and contagion. **Personality and Social Psychology Review**, v. 5, p. 296-320, 2001.
- Sarmiento, E. L. P.; Garrido, L. M. M.; Conde, C. & Tomaz, C. Emoção e memória: inter-relações psicobiológica. **Brasília Médica**, v. 44, n. 1, p. 24-39, 2007.

- Satler, C. & Tomaz, C. Emotional working memory in Alzheimer's disease patients. **Dementia and Geriatric Cognitive Disorders**, v. 1, p. 124-138, 2011.
- Simon, H. A. & Kaplan, C. A. Foundations of cognitive science. In: Posner, M. I. (Ed.). **The Foundations of Cognitive Science**. Cambridge: The MIT Press, 1990. p.1-47.
- Stojan-Dolar, M. & Heymann, E. W. Vigilance of mustached tamarins in single-species and mixed-species groups – the influence of group composition. **Behavioral Ecology of Sociobiology**, v. 64, p. 325-335, 2010.
- Tavares, M. C. H. & Tomaz, C. Working memory in capuchin monkeys (*Cebus apella*). **Behavioral Brain Research**, v. 131, p. 131-137, 2002.
- Tomaz, C.; Tavares, M. C. H. & Caldas, A. L. R. Memória operacional no macaco-prego (*Cebus apella*). In: Alonso, C. & Langguth, A. (Ed.). **A Primatologia no Brasil**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, v.7, 2000.
- Tulving, E. Multiple memory systems and conscientiousness. **Human Neurobiology**, v. 6, p. 67-80, 1987.

PARTE II

COMPORTAMENTO

CAPÍTULO 5

Using models in primate behavioral ecology: the case of fission-fusion dynamics

Gabriel Ramos-Fernández

Instituto Politécnico Nacional – CIIDIR Unidad Oaxaca
Hornos 1003, Sta. Cruz Xoxocotlán, Oaxaca 71230 México
Tel. +52 55 5729 6000 ext. 82755

ramosfer@alumni.upenn.edu

« Essentially, all models are wrong, but some are useful »

- George E.P. Box (1919 – 2013)

Primate behavioral ecology has been dominated by verbal or conceptual models, which state the hypothesized relationships that could exist between different factors in the study system. From these models, researchers derive predictions and collect data which may or may not be compatible with those predictions. While this procedure has yielded important insights on primate mating systems, social relationships, time budgets and life histories (Strier 2007), there is an increasing need for more specific predictions (Dunbar 2002; Aureli et al. 2008), as well as a review of the main assumptions of these conceptual models (Thierry 2008, 2013).

For instance, the socioecological model (Wrangham 1979) posits that a species' social system will be the result of feeding competition amongst females, who will distribute themselves depending on food abundance and distribution and interact amongst them according to the intensity of feeding competition imposed by this distribution. Males, in turn, will adjust their ranging and their interactions based on the distribution of females. While this model has been partially successful in explaining general patterns of variation in social systems across species

(Clutton-Brock & Janson 2012) , there are many inconsistent patterns, which have caused researchers to incorporate more and more factors into the model (e.g. Sterck et al. 1997; Janson 2000). Debates about the model's usefulness continue and some have suggested that it should be abandoned altogether, precisely because it is based on wrong assumptions, such as the existence of an equilibrium between behavior and the environment (Thierry 2008). It is more likely that groups of animals represent a dynamic interaction between individual needs and strategies, their social interactions and relationships and variation in the environment.

Regardless of the outcome of these debates surrounding the socioecological model, as primate behavioral ecology becomes a more mature science, it should rely on a more solid theoretical framework, one that makes use of mathematical models that allow explicitly consider all assumptions and provide specific predictions to be tested with field data. In this chapter I review the most important mathematical models that have been employed to understand fission-fusion dynamics, an important property of social behavior in primates. I review the main questions surrounding fission-fusion dynamics and the way in which models have shed light on some of them. My goal in this paper is to show a modeling perspective can be illuminating for our understanding of complex interactions commonly found in primate behavioral ecology.

Fission-fusion dynamics

Fission-fusion dynamics (FFD) is a property of social systems commonly found among mammals, to different extents. Aureli et al. (2008) proposed to define FFD as the result of variation in three dimensions: subgroup size, composition and spatial cohesion. Thus, some species like hamadryas baboons (*Papio hamadryas*) might show variable subgroup sizes and spatial cohesion as they forage during the day, but little variation in subgroup composition because fissions occur along fixed social units in a hierarchical fashion, with the smallest subunit, the one-male unit, never splitting (Kummer 1971). On the contrary, species like muriquis (*Brachyteles* spp.), spider monkeys (*Ateles* spp.) and chimpanzees (*Pan* spp.) split in varying ways, showing more variation in the composition of subgroups (Symington 1990; Tokuda et al. 2012; Coles et al. 2012). Some closely related species, such as *Sapajus nigritus* and *S. libidinosus*, show

different degrees of FFD by virtue of having more or less variation in spatial cohesion (Izar et al. 2012).

What these species have in common is that they exploit food resources that are distributed heterogeneously in time and space. Thus, one of the proposed adaptive functions of FFD is that it allows for an efficient exploitation of these resources, adjusting the size of foraging units to the local density of resources (Kummer 1971; Aureli et al. 2008). While there have been some partial tests of this idea, the complexity of environmental variables and the different ways in which a particular behavior could be adaptive have provided contradictory results (Chapman et al. 1995; Asensio et al. 2009; Newton-fisher et al. 2000; Symington 1988).

Part of the problem is that it is difficult to extract the important relationships between environment and behavior: should individuals maximize their intake of food depending on the distance traveled? Much less is known about the mechanisms underlying FFD at the level of individual behavior, but it is interesting to speculate about the cognitive abilities, information sharing/withholding processes and social interactions required by individuals that are often separated from most of their group members. What is the simplest mechanism that could allow a group of animals to fission and fusion continuously? Does it account for the observed patterns or more complex mechanisms of interaction and cognition are required?

I suggest that mathematical models can be particularly useful for responding to these questions, providing, at the very least, a set of specific predictions to be tested with field data.

Why use models?

A model can be any representation in verbal, conceptual, graphical or mathematical terms, which helps us to analyze or explain a particular pattern or process (Hilborn & Mangel 1997). In ecology, models tend to be distinguished from hypotheses, which are more general propositions, to be specified in the form of a model. By definition, models are incomplete representations of reality, for they necessarily imply simplifying or ignoring those influences deemed less relevant by our model. Still, models are useful because they allow us to: 1)

think clearly about our study system; 2) clearly express the important relationships that we believe exist between the different variables or components of our system; 3) investigate the simplest mechanisms that could underlie a particular pattern or process; 4) analyze the relationships between the components of a system, considering both the bias or error implicit in our observations and the inherent variability in our system; and 5) know what data to collect in further studies (Hilborn & Mangel 1997; Bolker 2008).

In the case of fission-fusion dynamics, three main types of models have been used to analyze and explain these complex grouping patterns: agent-based, mechanistic and graphical models. Below I review some of the examples in these three categories.

Agent-based models

These are the models that can be most directly considered as “representations” of reality. They attempt to represent those characteristics of a system of interest that are deemed important by a particular hypothesis and run “experiments” with these representations, using computers (Emmeche 1996). The main utility of these models is heuristic, that is, they allow us to think about our system that often consists of a multitude of inter-connected components. They are very useful for exploring what would be the minimum, simplest conditions that would produce a collective pattern out of local actions and interactions between components.

One of the first agent-based models was the “Game of life” model developed by John Conway (Conway 1970). Also called cellular automata, these models were studied by mathematicians interested in how an organized pattern could emerge from strictly local rules. These rules simply specify whether a cell in a grid turns “on” or “off” depending on the number of neighboring cells that are “on” at any given time. While this example is very simple, even in the patterns it generates, it demonstrates very clearly that patterns at a collective level can be the result of local, simple rules by which several agents – the cells in the grid – interact with each other. Agent-based models have since become a widespread practice in many different disciplines (Janssen 2012) and open source tools are available, with large communities of users (e.g. Netlogo, by Wilensky 1999).

In 2006, in collaboration with Denis Boyer and Vian Gómez, we extended an agent-based model initially aimed at understanding the movement trajectories of a single forager in heterogeneous environments, by incorporating several foragers (Ramos-Fernandez et al. 2006). Our goal was to understand the minimum conditions that would give rise to a fission-fusion grouping pattern among foragers. Thus, in an environment where discrete food patches vary in size, with some large patches and many small patches, a set of foragers moves according to a local optimality rule, maximizing the size of the next visited patch and minimizing the distance traveled to it. In each iteration of the simulation, a forager takes a step or reduces the food content of a patch by one unit. In addition, foragers do not come back to a previously visited patch.

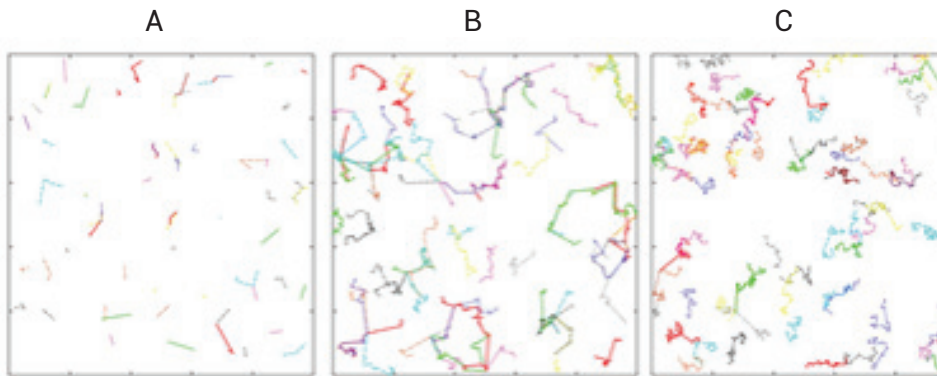


figure 1. Movement trajectories described by foragers in the agent-based model by Ramos-Fernandez et al. (2006). Each line (in different color) represents a different forager. Starting from randomly assigned positions, foragers move to the nearest and largest food patch available (points not visible in the figure). Panel (a) corresponds to a situation with maximum heterogeneity in patch size and thus a comparatively large proportion of large patches. In this situation, foragers find a large patch very close and the simulation “freezes” with very little interaction between foragers. On the contrary, panel (c) represents a situation with minimum heterogeneity in patch size, and thus very few large patches. Here, foragers simply visit the nearest patch, describing long trajectories with many changes in direction. They may coincide with others but they mostly forage locally. Situation (b) represents an intermediate level of heterogeneity in patch size, with some large patches that are often worth visiting even when they are far. The trajectories described by foragers are longer, with a combination of small and long “steps” between patches. This is the situation when foragers formed the largest subgroups with others with whom they coincided in these large patches.

Even though the model does not specify any interaction among foragers, it does have an implicit fission-fusion mechanism: when two foragers coincide in the same patch, they form a temporary aggregation that can continue as they forage together in other patches, whereas they can also split due to their previous history of visits. Figure 1 shows a summary of the model's main results: for certain values of the parameter that controls patch size heterogeneity, the foraging trajectories and the size of the temporary aggregations are similar to those described in field studies of spider monkeys (Symington 1988; Ramos-Fernandez & Ayala-Orozco 2003). Particularly, intermediate values of patch size heterogeneity led to the longest foraging trajectories and the largest aggregations. This is because foragers traveled long distances to reach large patches that were neither rare nor scarce, coinciding with others more often at these large patches (Ramos-Fernandez et al. 2006).

These results show that an important ecological influence on grouping pattern in FFD species could be the relative abundance of patches of different size, in contrast with the usual measures of overall food abundance or average patch size. This can be taken as a prediction for field studies in which the size of visited patches can be measured.

Mechanistic models

Another type of model that has been used for understanding FFD is mechanistic. Here, the goal is to explicitly represent the process that we believe underlies a particular pattern. This is done through functions that are in turn based on theoretical expectations. The parameters in these functions are parts of the process we assume is operating. Mechanistic models are adjusted to observations by finding those values of the parameters that provide the best fit between the functions and the data (Bolker 2008). With the advent of faster and more efficient techniques for finding the combination of parameters that maximizes the fit of the model to the data (Richey 2010), it is nowadays possible to adjust quite elaborated models, with many parameters, to series of data that can also be quite large.

An example of a mechanistic model was recently developed by Aureli et al. (2012) to understand a crucial issue when studying FFD: how to define a

subgroup as a meaningful unit that, although temporary, could include those individuals that at any one time are maintaining some degree of coordination amongst them. In the field, operational definitions based on chain rules (Ramos-Fernandez 2005) have been employed, but these are often based on arbitrary threshold with little or no mechanistic basis. Aureli et al. (2012) attempted to define these thresholds based on the process that yields a particular distribution of individuals in space. Their model postulates that the distance between individuals, d (the pattern) is a function of three different parameters (the process): the distance of attraction a , the distance of repulsion r , and the mean heterogeneity of the habitat, λ . This heterogeneity is important because, as predicted by the results of the agent-based model reviewed above, it determines how individuals will distribute themselves in space based on the foraging opportunities, in the absence of particular repulsion/attraction processes. The equation below predicts the distribution of d as a function of these terms:

$$(1) \quad p(d) = p_a a e^{-\frac{d}{a}} - p_r r e^{-\frac{d}{r}} + (1 - p_a - p_r) \lambda e^{-\lambda d}$$

where p_a and p_r are the probability densities of the distance of attraction and repulsion, respectively. The authors used an observed frequency distribution of inter-individual distances from a study on spider monkeys in Santa Rosa, Costa Rica, to find the values of a , r and λ that best fit the predicted $p(d)$. Interestingly, a value of $r=36.7\text{m}$ was found, which is very close to the 30m threshold that had been used, operationally, as the maximum distance separating two individuals that formed part of the same subgroup. This distance corresponds closely to the point at which the frequency distribution of observed distances shows a change in slope, with values above this distance being less common. Therefore, this model shows how focusing on the processes, at the level of interactions between individuals and their interaction with the environment, can accurately predict a particular pattern related to FFD, in this case, the spatial cohesion of individuals in a group.

Another mechanistic model on FFD was developed by Ramos-Fernández et al. (2011). This model is complementary to the previous one because it also focuses on spatial cohesion, but at a larger scale, i.e. on the distance between different subgroups within a group. We were interested in defining whether the movement trajectories of two different subgroups within the same group were independent from each other, or whether a coordination process was necessary to explain the observed movement trajectories of two subgroups. We made use of spider monkey home ranges estimated using the kernel procedure (Worton 1989), which yields areas with different intensities of use, based on the original set of points where an animal (in this case a subgroup) was found. These areas (or isopleths) can be interpreted as the area where it is equally likely to find a subgroup.

Taking advantage of this fact about kernel isopleths, we randomly chose pairs of points with a probability corresponding to each isopleth's probability. Each member of a pair of points was chosen independently of the other. We repeated this procedure thousands of times, thus obtaining a distribution of distances between two randomly chosen points. This distribution represents the distance at which two subgroups should be observed if their travel patterns are independent of each other. A distance shorter or longer than this would indicate active processes of attraction or repulsion, respectively, between subgroups.

When comparing these predicted distributions to the observed frequency distribution using simultaneous observations of two subgroups in the same area, we found no differences. This finding suggests that spider monkey subgroups travel independently of each other, their relative distance being what would be expected by the model which only assumes that subgroups are located in space according to the observed intensities of use.

Graphical models

The last type of models that have been used to understand FFD in primates are graphical representations of social interactions in the form of networks. Social networks have become an important analytical tool in many disciplines of science, including primatology (Sueur et al. 2011; Brent et al. 2011). The

graphical representation of individuals as nodes and their interactions as links between nodes is no different to the commonly used sociograms. However, social network analysis provides many different metrics to quantify structural aspects of the resulting network, the roles played by individual nodes based on their position in the network, and provides ways to incorporate temporal information and to compare networks resulting from different types of interactions. These metrics constitute the real improvement in our understanding of social relationships and social structure compared to what was available 20 or 30 years ago (Brent et al. 2011).

Figure 2

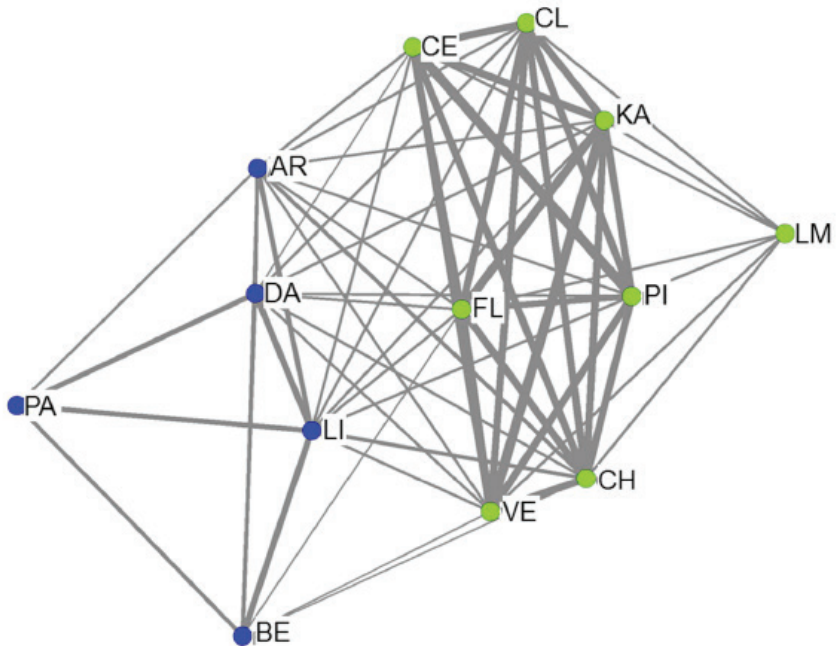


Figure 2. Social network of spider monkeys studied continuously for one year by Ramos-Fernandez et al. (2009). Nodes represent adult individuals (females in green, males in blue) and links represent the association index between pairs of individuals, with a width corresponding to the value of the index.

For example, Ramos-Fernandez et al. (2009) studied the yearly networks of association in spider monkeys, where two nodes were joined by a line with a width proportional to the frequency with they were found in the same subgroup during a particular year. These networks often showed adults strongly linked mostly with others of the same sex, with mixed-sex associations being the weakest in the network (Figure 2). Still, the network was not fragmented, which would be the case in a situation where some individuals never formed subgroups with others. This is one of the first insights to be gained from network representations: while highly fluid, FFD groups like the spider monkeys' still can be considered as a social unit, with its members belonging to the same network, although showing an internal structure formed by clusters of more closely associated individuals. These results can be complemented with permutation analyses to identify which associations are more or less frequent than would be expected by chance, thus evaluating the relevance of attraction-repulsion processes and distinguishing them from more random associations based, for example, on commonly used food sources. In the case of the spider monkey social networks, the majority of the associations amongst females were undistinguishable from random expectation, while those amongst the males were more likely and mixed-sex associations less likely than expected by chance (Ramos-Fernandez et al. 2009).

As mentioned above, networks can be constructed out of different types of interactions. In a recent study, Ramos-Fernández and Morales (2014) focused more closely on the fission-fusion process in a spider monkey group, defining a link in the network as a sufficiently high probability that two adult individuals would fission or fusion together. This interaction is not the same as the association index, which is an overall estimation of how often two individuals are in the same subgroup, regardless of whether a fission or a fusion occurs or not. In other words, association networks probably reflect the long-term social relationship between individuals in the group, while fission-fusion networks reflect the decisions taken at the moment of joining or leaving a subgroup. What we found is that the fission-fusion networks are quite different from the association networks: they are more cohesive, with less internal structure or

clusters of individuals; there are many more mixed-sex links, with no individual apparently playing a central role and each individual seems to be influenced by a different set of individuals. It is interesting to speculate about the meaning of these differences: it is possible that splitting with others is a moment-to-moment decision reflecting the different information that each individual has about its environment, so that the question of who follows who at any one time is a more stochastic process than the association indices, which more closely reflect the social relationships in the group.

Conclusion

The models reviewed so far have provided us with several important insights about FFD: agent-based models have shown that a large and heterogeneous environment can be an important reason why subgroups are formed by a group of foragers that follow simple rules of movement between feeding sites. These subgroups can be highly variable in size and composition. Mechanistic models like the one produced by Aureli et al. (2012) suggest that cohesion, one of the 3 dimensions of FFD, can show real discontinuities that justify the operational definition of subgroup used in field studies. Other models demonstrate that the distance between different subgroups is undistinguishable from what would be expected if their travel patterns were independent (Ramos-Fernández et al. 2011). These two models provide a mechanistic basis for subgroups to be considered as an independently traveling foraging units in FFD groups (Chapman et al. 1993; Aureli et al. 2008). Finally, graphical models based on networks show that association patterns in FFD can produce networks that show some structure according to sex, but also that all individuals belong to the same social unit even if some of them are seldom together (Ramos-Fernández et al. 2009). It is interesting to speculate about the consequences of these results in terms of the behavioral mechanisms underlying FFD: foraging in these fluid and often independent subgroups implies that individuals in the group will have different information about the environment, simply because not all individuals are aware of all available feeding sources at any one time. This could be the reason why networks of individuals joining or leaving subgroups together

could result from the sharing of this information between knowledgeable and unknowledgeable individuals.

I hope to have shown with these examples that a modeling approach can be a useful complement to empirical field studies, not only of FFD as a particularly complex problem in social behavior, but in other areas of primate behavioral ecology.

Acknowledgements

Sociedade Primatológica Brasileira (check), Renata Ferreira, Eulogio, Macedonio, Juan and Augusto Canul; Filippo Aureli, Colleen Schaffner and Laura Vick; Braulio Pinacho, Vian Gómez, Adan Miranda and Sandra Smith; Denis Boyer and Juan Manuel Morales. CONACYT grants J51278 and 157656, Instituto Politécnico Nacional (SIP 20144377).

References

- Asensio, N., Korstjens, A.H. & Aureli, F., 2009. Fissioning minimizes ranging costs in spider monkeys: a multiple-level approach. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63(5), pp.649–659.
- Aureli, F. et al., 2008. Fission-Fusion Dynamics: New Research Frameworks. *Current Anthropology*, 49(4), pp.627–654.
- Aureli, F. et al., 2012. What is a subgroup? How socioecological factors influence interindividual distance. *Behavioral Ecology*, 23(6), pp.1308–1315.
- Bolker, B., 2008. *Ecological Models and Data in R*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Brent, L.J., Lehmann, J. & Ramos-Fernández, G., 2011. Social network analysis in the study of nonhuman primates: A historical perspective. *American Journal of Primatology*, 73(8), pp.720–730.
- Chapman, C., Chapman, L. & Wrangham, R., 1995. Ecological constraints on group size: an analysis of spider monkey and chimpanzee subgroups. *Behavioral Ecology and ...*, 36(1), pp.59–70.
- Chapman, C.A., White, F.J. & Wrangham, R.W., 1993. Defining subgroup size in fission-fusion societies. *International Journal of Primatology*, 61, pp.31–34.
- Clutton-Brock, T. & Janson, C., 2012. Primate socioecology at the crossroads: past, present, and future. *Evolutionary anthropology*, 21(4), pp.136–50.

- Coles, R.C., Lee, P.C. & Talebi, M., 2012. Fission-Fusion Dynamics in Southern Muriquis (*Brachyteles arachnoides*) in Continuous Brazilian Atlantic Forest. *International Journal of Primatology*, 33(1), pp.93–114.
- Conway, J., 1970. The game of life. *Scientific American*, 223(4), p.4. Dunbar, R.I.M., 2002. Modelling primate behavioral ecology. *International Journal of Primatology*, 23(4), pp.785–819.
- Emmeche, C., 1996. *The Garden in the Machine: The Emerging Science of Artificial Life*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Hilborn, R. & Mangel, M., 1997. *The Ecological Detective: Confronting Models with Data*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Izar, P. et al., 2012. Flexible and conservative features of social systems in tufted capuchin monkeys: Comparing the socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. *American Journal of Primatology*, 74(4), pp.315–331.
- Janson, C.H., 2000. Primate socio-ecology: The end of a golden age. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 9(2), pp.73–86.
- Janssen, M.A., 2012. *Introduction to agent-based modelling*, OpenABM Consortium.
- Kummer, H., 1971. *Primate societies: Group techniques of ecological adaptation*, Chicago: Aldine.
- Newton-fisher, N.E., Reynolds, V. & Plumptre, A.J., 2000. Food Supply and Chimpanzee (*Pan troglodytes schweinfurthii*) Party Size in the Budongo Forest Reserve, Uganda. *International Journal*, 21(4), pp.613–628.
- Ramos-Fernandez, G. et al., 2006. A complex social structure with fission–fusion properties can emerge from a simple foraging model. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 60(4), pp.536–549.
- Ramos-Fernandez, G. et al., 2009. Association networks in spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63(7), pp.999–1013.
- Ramos-Fernandez, G., 2005. Vocal Communication in a Fission-Fusion Society: Do Spider Monkeys Stay in Touch With Close Associates? *International Journal of Primatology*, 26(5), pp.1077–1092.
- Ramos-Fernández, G. et al., 2009. Association networks in spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63, pp.999–1013.
- Ramos-Fernández, G. et al., 2011. No Evidence of Coordination Between Different Subgroups in the Fission-Fusion Society of Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi*). *International Journal of Primatology*, 32(6), pp.1367–1382.

- Ramos-Fernandez, G. & Ayala-Orozco, B., 2003. Population size and habitat use of spider monkeys in Punta Laguna, Mexico. In L. Marsh, ed. *Primates in Fragments: Ecology and Conservation*. New York: Kluwer/Plenum Press, pp. 191–210.
- Ramos-Fernández, G. & Morales, J.M., 2014. Unraveling fission-fusion dynamics: how subgroup properties and dyadic interactions influence individual decisions. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 68(8), pp.1225–1235.
- Richey, M., 2010. The Evolution of Markov Chain Monte Carlo Methods. *The American Mathematical Monthly*, 117(5), pp.383–413.
- Sterck, E.H.M., Watts, D.P. & van Schaik, C.P., 1997. The evolution of female social relationships in nonhuman primates. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 41(5), pp.291–309.
- Strier, K.B., 2007. *Primate behavioral ecology*, Boston, MA: Pearson Allyn and Bacon.
- Sueur, C. et al., 2011. How can social network analysis improve the study of primate behavior? *American Journal of Primatology*, 73(8), pp.703–719.
- Symington, M.M., 1990. Fission-fusion social organization in Ateles and Pan. *International Journal of Primatology*, 11(1), pp.47–61.
- Symington, M.M., 1988. Food Competition and Foraging Party Size in the Black Spider Monkey (Ateles Paniscus Chamek). *Behaviour*, 105(1), pp.117–134.
- Thierry, B., 2013. Identifying constraints in the evolution of primate societies. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 368(1618), p.20120342.
- Thierry, B., 2008. Primate socioecology, the lost dream of ecological determinism. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 17(2), pp.93–96.
- Tokuda, M. et al., 2012. Social cliques in male northern muriquis Brachyteles hypoxanthus. *Current Zoology*, 58(2), pp.342–352.
- Wilensky, U., 1999. NetLogo, version 4.1.2. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University.
- Worton, B.J., 1989. kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. , pp.164–168.
- Wrangham, R., 1979. On the evolution of Ape Social Systems. *Social Science Information*, 18(3), pp.336–368.

CAPÍTULO 6

Percepção de risco de predação por um grupo de macacos-prego (*Sapajus nigritus*) do PE Carlos Botelho, SP

Luíza Gonzalez Ferreira¹, Mariana Dutra Fogaça¹ & Patrícia Izar¹

¹ Departamento de Psicologia Experimental, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Resumo

O estudo sobre a evolução de comportamentos antipredatórios precisa considerar o risco de predação a que populações estão submetidas, que pode ser inferido pela frequência desses comportamentos. No Parque Estadual Carlos Botelho, área de Mata Atlântica, macacos-prego emitem uma baixa frequência de vocalizações de alarme, o que pode indicar uma adaptação à baixa história de predação, mas também pode indicar a eliminação recente de predadores na área. Esse estudo teve como objetivo testar essas duas hipóteses comparando a frequência de vocalizações de alarme em diversos contextos, durante os anos de 2007 e 2009, entre três períodos do dia classificados de acordo com o período de atividade dos predadores e período de atividade dos macacos. Vocalizações de alarme emitidas para predadores aéreos variaram de acordo com a atividade desses predadores, sugerindo que a baixa emissão de alarmes no PECB está relacionada à atual baixa densidade de predadores. Já as vocalizações de alarme emitidas em contextos indeterminados ocorreram com uma maior frequência na tarde, o que pode sugerir também um efeito de uma resposta selecionada no passado e que não se perdeu mesmo com a redução do risco atual de predação.

Abstract

The study on the evolution of antipredatory behaviors need to consider the risk of predation to which populations are submitted, what can be inferred by the frequency of these behaviors. In Carlos Botelho State Park, an area of Atlantic Forest, black capuchin monkeys emit a low frequency of alarm vocalizations, a pattern that may indicate an adaptation to the history of low predation rate but may alternatively indicate the recent elimination of predators in the habitat. This study aimed at testing these two hypotheses by comparing the frequency of alarm vocalizations by a group of black capuchin monkeys in different contexts during the years 2007 and 2009. The day was divided in three periods according to the period of activity of predators and the period of activity of the monkeys. Alarm calls emitted for raptors varied according to the activity of these predators, suggesting that low frequency of alarms in PECB is related to the current low density of predators. However, the alarms emitted in indeterminate contexts occurred more frequently in the afternoon, which may also suggest the retention of a response selected in the past.

Introdução

A predação é uma importante força seletiva na evolução de comportamentos de qualquer animal (Vermeij, 1982). Evitar a predação é essencial, sendo assim, a seleção natural deve ter favorecido mecanismos eficientes contra a predação (para discussão ver Stanford, 2002). Tais mecanismos podem tanto diminuir o encontro com predadores, como, por exemplo, a escolha de locais de dormida (p. ex. *Callithrix flaviceps*: Ferrari e Ferrari, 1990), escolha de locais de forrageamento (p. ex. *Saimiri sciureus*: Stone, 2007) e mudança no padrão de atividade (p. ex. *Rattus norvegicus*: Fenn e Macdonald, 1995), quanto evitar a predação quando o predador está próximo, como o comportamento de *mobbing* (p. ex. *Turdus merula*, Flasskamp, 1994; *S. nigritus*, Izar 2004) e vocalizações de alarme (p. ex. *Colobus badius*, *C. polykomos*, *Cercopithecus petaurista*, *C. diana*, *C. campbellie*, *Cercocebus atys*, Zuberbühler, 1999). No entanto, é difícil estudar o impacto da predação na evolução de comportamentos, uma vez que uma predação eficiente não permite uma resposta evolutiva, enquanto uma predação que não teve sucesso, sim (Hill e Dunbar, 1998; Vermeij, 1982). Desse modo, é

preciso considerar não a predação em si, mas o risco de predação como pressão seletiva para a evolução de comportamentos adaptativos (Hill e Dunbar, 1998).

O risco de predação, ou seja, a percepção pelo próprio animal sobre a probabilidade de ser predado (Hill e Dunbar, 1998), pode sofrer influência de diversos fatores, tais como: (1) características físicas do ambiente, que afetam a oferta de abrigo para os animais e (2) ritmo de atividade do predador, que afeta o período do dia em que os animais podem encontrar predadores, e tais fatores afetam a frequência das respostas antipredatórias dos animais. Alguns estudos comprovam o efeito das características físicas do ambiente, especialmente a cobertura vegetal, sobre a percepção de risco de predação por primatas. O comportamento de vigilância preventiva exibido por macacos-de-cheiro foi observado numa espécie que vive na Costa Rica (*Saimiri oerstedii*), em um ambiente caracterizado por cobertura vegetal escassa, mas não foi observado em outras duas espécies (*S. boliviensis* e *S. sciureus*) que vivem em ambientes com dossel mais denso (Peru e Suriname, respectivamente; Boinski *et al.*, 2003). Da mesma forma, a frequência de vocalização de alarme emitida por duas populações de macaco-prego que vivem em habitats que diferem quanto à cobertura vegetal, *Sapajus libidinosus*, na transição entre Cerrado e Caatinga, e *Sapajus nigritus*, na Floresta Atlântica, foi quatro vezes maior na população de *S. libidinosus* (Izar *et al.*, 2012). Tais diferenças estão associadas à densidade do dossel no ambiente em que cada população vive, uma vez que o risco de predação por aves de rapina em locais mais abertos é maior (Boinski *et al.*, 2003; Eason, 1989). Há menos estudos relacionados à influência da atividade do predador. Mas num exemplo, a frequência de comportamentos antipredatórios do sagui-da-serra (*Callithrix flaviceps*) é maior no início do dia, diminuindo conforme o dia passa, provavelmente pela maior atividade dos predadores nesse período (Ferrari e Ferrari, 1990).

Comportamentos antipredatórios devem ter uma frequência maior, então, em contextos de maior risco de predação. Tais comportamentos podem ser uma resposta selecionada por uma história evolutiva de baixa predação (Hill e Dunbar, 1998). Apesar de ser uma unidade de conservação, o PECB sofreu e ainda sofre alterações humanas como perda de habitats com a introdução de espécies exóticas e extração ilegal do palmito, atividade de caça de presas como antas, veados, catetos e queixadas e de predadores aéreos como o

gavião-pega-macaco (*Spizaetus tyrannus*) e gavião-de-penacho (*Spizaetus ornatus*), podendo resultar em uma diminuição dos predadores no local. Sendo assim, comportamentos antipredatórios também podem ser uma resposta ao risco de predação atualmente enfrentado.

A vocalização de alarme é um comportamento conspícuo facilmente observável, podendo ser um bom comportamento antipredatório para se estudar a percepção de risco de predação (Stanford, 2002). Essas vocalizações são geralmente emitidas na presença de alguma ameaça, alertando os demais membros do grupo sobre o perigo (e.g. Zuberbühler, 1999; Fichtel e Kappeler, 2010; Macedonia e Evans, 1993). O presente trabalho teve como objetivo investigar a percepção do risco de predação por um grupo de macacos-prego (*S. nigritus*) do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), São Miguel Arcanjo, SP. Os grupos de macacos-prego que se encontram ali apresentam baixa taxa de vocalizações de alarme (Izar *et al.*, 2012) e uma alta dinâmica de fissão-fusão (Izar 2004), comportamento esperado quando o risco de predação é baixo (Aureli *et al.*, 2008). Essa baixa frequência de vocalizações de alarme pode ser uma adaptação, ligada com a história de evolução sob baixo risco de predação (Hill e Dunbar, 1998). Pode também indicar a eliminação recente da maior parte dos predadores na área por efeito da ação antrópica (Izar, 2004).

Assim, neste trabalho buscamos verificar entre as duas hipóteses investigando se há relação entre os períodos de atividade dos predadores em potencial e a frequência de emissão de alarmes pelo grupo de macacos-prego do PECB. Se a baixa emissão de vocalizações de alarme pelos macacos do PECB for uma resposta selecionada por uma história de predação, então a frequência de vocalizações não variaria conforme a atividade dos predadores. Se a segunda hipótese estiver correta, esperávamos que a atividade dos potenciais predadores afetasse a percepção de risco de predação pelos macacos-prego do PECB.

Para tanto, comparamos a frequência de vocalização de alarme dos macacos entre três períodos (manhã, meio-do-dia, tarde) do dia (período de luz). Os predadores em potencial de macacos-prego que habitam o PECB são aves de rapina (*Spizaetus tyrannus*, *Spizaetus ornatus*, *Spizaetus melanoleucus*, *Accipiter bicolor*), um mustelídeo (*Eira barbara*) e felinos (*Panthera onca*, *Puma concolor*)¹

e *Leopardus pardalis* (Colquhoun, 2006). Os felinos têm seu pico de atividade ao amanhecer e ao anoitecer (Maffei, *et al.*, 2004; Konecny, 1989), assim como o mustelídeo (Konecny, 1989). Já as aves de rapina têm seu pico de atividade entre as 09:00 e as 12:00 horas (Mañosa *et al.*, 2003).

O orçamento de atividades dos macacos-prego do PECB varia de acordo com sexo e idade dos indivíduos e ao longo do período luminoso do dia (Santos, 2009). Na tarde, machos e fêmeas adultas descansam mais do que pela manhã e meio do dia, enquanto infantes e juvenis aumentam o forrageamento (Santos, 2009). Isso pode ser um indicativo de menor risco de predação durante a tarde, uma vez que, ao descansarem, os adultos deixam de exibir comportamento anti-predatórios, comportamentos que seriam esperados em períodos de maior risco de predação (Lima e Bednekoff, 1999).

Metodologia

Área de estudo

O PECB está situado no sudeste do Brasil, ocupando os municípios São Miguel do Arcanjo, Capão Bonito, Sete Barras, Tapiraí, no estado de São Paulo e ocupa uma área de 37.797,43 hectares, fazendo parte de um contínuo de 116.836,99 hectares de Mata Atlântica protegida com outros dois parques estaduais: Parque Estadual do Alto da Ribeira (PETAR) e Parque Estadual Intervales, além da Estação Ecológica de Xitué. A sede do PECB, onde este estudo foi conduzido, está localizada no topo da serra de Paranapiacaba, no platô da Guapiara (24°00' - 24°15'S, 47°45' - 48°10'W), com altitude variando de 1.200 a 1.300 metros. O terreno é composto por morros e morretes paralelos com rios que formam uma densa rede de drenagem que pertence à bacia hidrográfica do rio Paranapanema (Domingues *et al.*, 1987). A cobertura vegetal é denominada como Floresta Latifoliada Pluvial Tropical, não perturbada ou pouco perturbada (Oliveira-Filho e Fontes, 2000), composta por, principalmente, árvores das famílias Myrtaceae, Lauraceae, Rubiaceae, Melastomataceae, Fabaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Mimosaceae, Monimiaceae e Myrsinaceae (Dias, 2005).

O clima é mesotérmico úmido (Cfa-Köppen), com precipitação anual variando entre 1.475 e 2.582 mm e temperatura média anual variando de 19°C a 22°C, podendo chegar a mínima de 3°C e a máxima de 29°C (Domingues *et al.*, 1987; Domingues e Silva, 1988; Izar, 2004). Os frutos são mais abundantes na estação chuvosa, alcançando uma maior produção entre os meses de Setembro e Março (Izar, 2004).

Grupo de estudo

Os sujeitos do estudo foram os indivíduos do grupo denominado “Pimenta”, já habituados à presença humana no início da coleta de dados devido a outros estudos com essa população (para maiores detalhes sobre o grupo estudado veja Izar *et al.*, 2012). No início de 2007, esse grupo era composto por dois machos adultos, três fêmeas adultas, sendo que uma saiu do grupo em outubro, sete jovens e dois infantes. Em 2009, o grupo era composto por dois machos adultos, cinco fêmeas adultas, um macho subadulto, uma fêmea subadulta, onze jovens e um infante.

Procedimentos

Os dados desse trabalho foram coletados entre março e dezembro dos anos de 2007 e 2009, totalizando 494,6 horas de observação direta dos animais em 92 dias, tendo uma média de 5,4 horas de observação por dia. A densidade da vegetação assim como a grande atividade de deslocamento do grupo, típica dessa espécie, dificultam o seu acompanhamento, sendo comum os trabalhos no PE Carlos Botelho contarem com uma baixa média de horas de observação.

Os dados foram coletados por um assistente de campo, Eraldo Vieira, e pelos pesquisadores Mariana Fogaça, Olívia de Mendonça Furtado Pimenta e Caio Moreira. Cada pesquisador, assim como o assistente de campo, foi treinado por seus predecessores até a concordância de observação ser atingida (ver Izar *et al.* 2012 para mais detalhes).

As vocalizações de alarme foram anotadas como todas as ocorrências (Altmann, 1974), em que o registro foi feito sempre que o comportamento foi observado, independente da hora em que ocorreu, sendo registrado também o contexto de ocorrência da vocalização sendo eles: vocalização para predador,

vocalização em uma fonte alimentar, vocalização durante alimentação, vocalização para pesquisador, vocalização durante encontro com outros grupos e vocalização em contexto indeterminado. Como vocalizações de alarme ocorrem não só no contexto de predação, mas em contextos em que há estresse (como conflitos agonísticos e encontros com outros grupos), nem toda vocalização de alarme emitida reflete a percepção de risco de predação, sendo necessária, portanto, a divisão de emissões de vocalizações entre diferentes contextos. A atividade dos predadores foi registrada durante o acompanhamento do grupo estudado, sempre que eram observados próximo ao grupo, sendo registrado o horário em que eles eram observados.

Análise dos dados

O teste de hipóteses foi feito por meio de testes de qui-quadrado, comparando a frequência de vocalização de alarme ao longo dos períodos do dia. Os períodos do dia foram divididos de duas maneiras diferentes: a primeira maneira está de acordo com a divisão de orçamento de atividades do trabalho de Santos (2009), a manhã das 06:00 às 10:00, o meio-do-dia das 10:00 às 14:00 e a tarde das 14:00 às 18:00. A segunda maneira está de acordo com o horário de atividade dos predadores em potencial do macacos-prego, a partir dos estudos citados acima, sendo a manhã das 06:00 às 12:00, o meio-do-dia das 12:00 às 16:00 e a tarde das 16:00 às 18:00.

Em caso de significância, o resíduo do teste qui-quadrado, que é definido como a diferença entre o valor esperado e o valor ajustado, foi usado para indicar quais associações contribuíram mais para o valor de qui-quadrado. Para estas análises foi utilizado o software SPSS 17.

Assim, foram testadas as seguintes hipóteses:

H1: A variação da atividade dos predadores potenciais afeta a percepção de risco de predação de macacos-prego.

Previsão: A frequência de vocalizações de alarme para predadores será maior na manhã e na tarde quando os períodos forem divididos de acordo com a atividade dos predadores.

H2: A diminuição dos predadores terrestres no ambiente provocou a diminuição da percepção de risco de predação no horário de maior atividade deles.

Previsão: Haverá uma maior frequência de vocalizações de alarme para predadores durante a manhã e o meio-do-dia, quando os períodos forem divididos de acordo com a atividade dos macacos.

H0: A variação da atividade dos predadores potenciais não afeta a percepção de risco de predação de macacos-prego.

Previsão: Não haverá um período do dia com maior frequência de vocalizações de alarme para predadores.

Resultados:

O grupo foi acompanhado durante 92 dias, sendo 48 em 2007 e 44 em 2009, com um total de 494,6 horas de observação direta dos animais, tendo uma média de 5,4 horas de observação por dia.

Apenas predadores aéreos foram observados durante o estudo. Em 2007, os predadores foram observados entre as 8:48 e 15:30 sendo que em apenas 2 casos não houve vocalizações de alarme, um caso as 10:50 horas e outro as 11:03 horas. Em 2009 os predadores foram observados entre as 7:25 e 17:02 e em todos os casos houve vocalizações de alarme. Sendo assim, o horário de maior observação dos predadores também foi o horário de maior ocorrência de vocalizações de alarme.

Em 2007, foram observadas a ocorrência de 110 vocalizações de alarme em 289 horas de observação (tabela 1). Quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos macacos essas vocalizações foram emitidas em quantidades semelhantes entre os três períodos do dia apesar de a manhã ter uma menor quantidade de horas de observação (tabela 1). Quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos predadores, essas vocalizações foram emitidas em quantidades desiguais entre os três períodos do dia, que tiveram tempo de observação também desiguais (tabela 1). O maior número de vocalizações ocorreu no período de maior tempo de observação e o menor número de vocalizações no período de menor tempo de observação (tabela 1).

Em 2009, foram observadas a ocorrência de 72 vocalizações de alarme em 206 horas de observação (tabela 1). Quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos macacos essas vocalizações foram emitidas em quantidades desiguais entre os três períodos do dia, assim como as horas de observação em cada período sendo que o período de maior tempo de observação não foi o período de maior ocorrência de vocalizações de alarme (tabela 1). Quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos predadores, o número de vocalizações ocorreu de maneira semelhante no período da manhã e do meio-do-dia, mas em quantidade menor no período da tarde (tabela 1) apesar de o tempo de observação ser semelhante entre os três períodos (tabela 1).

Tabela 1. Número de vocalizações de alarme e quantidade de horas de observação em cada período do dia. Ma - Manhã; Md - Meio-do-dia e T – Tarde (A) – divisão dos períodos de acordo com a atividade dos macacos e (P) - divisão dos períodos de acordo com a atividade dos predadores.

	Vocalizações de alarme		Horas de observação	
	2007	2009	2007	2009
Ma (A)	38	15	87	68
Md (A)	33	33	101	60,3
T (A)	39	24	102	78
Ma (P)	52	30	133	70
Md (P)	32	26	101	65
T (P)	26	17	55	70
Total	110	72	289	206

Em 2007 houve diferenças significativas na frequência de vocalizações de alarme entre os três períodos do dia, tanto para a divisão de acordo com a atividade dos macacos, quanto para a divisão de acordo com a atividade do predador ($p < 0,001$ e $p < 0,001$ respectivamente). De acordo com o resíduo de qui-quadrado, o que mais contribuiu para essa diferença foi a emissão de vocalizações de alarme para predador na manhã (significativamente abaixo do esperado), no meio-do-dia (significativamente acima do esperado) e na tarde (significativamente abaixo do esperado); emissão de vocalizações de alarme para pesquisador na tarde (significativamente acima do esperado) quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos macacos e emissão de vocalizações de

alarme em contextos indeterminados no meio-do-dia (significativamente abaixo do esperado) e na tarde (significativamente acima do esperado) quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos predadores (tabela 2). Em 2009, não houve diferença significativa na emissão de vocalizações de alarme de acordo com os períodos do dia, por nenhum dos métodos de divisão dos períodos ($p = 0,544$ e $p = 0,145$ respectivamente). Em 2009 não houve observações de emissão para pesquisador e em contextos de conflito.

Tabela 2. Resíduos do qui-quadrado de cada contexto em relação a cada período do dia do ano de 2007. Ma – Manhã; Md – Meio-do-dia e T – Tarde e (A) quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos macacos e (P) quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos predadores.

	Pred.	Conf.	Fonte	Aliment.	Pesq.	Indet.	Encontro
Ma (A)	-2,4	0,5	1,3	-0,1	-1,3	1	1,8
Md (A)	4,5	0,8	-0,9	0,3	-1,1	-1,7	-1,7
T (A)	-1,9	-1,2	-0,4	-0,2	2,4	1,5	-0,2
Ma (P)	-2,8	0,5	0,5	-0,4	-1,7	1,3	1,4
Md (P)	5,3	0,8	-0,9	0,3	0,2	-3,7	-0,3
T (P)	-2,3	-1,5	0,3	0,1	1,8	2,4	-1,3

Discussão

Neste trabalho, partimos do pressuposto de que a emissão de vocalização de alarmes por macacos-prego no PECB seria um indicativo do risco de predação atualmente percebido e testamos a hipótese de que a emissão dessas vocalizações variaria com a atividade dos predadores. A taxa de vocalizações de alarme encontrada nesse trabalho foi 5,2 vocalizações a cada 100 horas de observação em 2007 e 4,4 vocalizações a cada 100 horas em 2009, sendo muito baixa em comparação com outras populações de macacos-prego (24 vocalizações a cada 100 horas em *S. libidinosus*: Izar *et al.*, 2012; 44 vocalizações a cada 100 horas em *S. xanthosternos*: Suscke, 2014), indicando uma baixa percepção de risco de predação nessa população. Outro dado que corrobora a baixa percepção de

risco de predação no PECB é o fato de que os grupos de macacos-prego apresentam uma alta taxa de fissão-fusão (Nakai, 2007), o que não é esperado em ambientes com alto risco de predação (Aureli *et al.*, 2008).

No entanto, consideramos que essa baixa frequência não deve estar relacionada com uma história evolutiva de baixa predação, uma vez que outros comportamentos antipredatórios, como o *mobbing*, são emitidos (Izar, 2004), mas sim com o baixo risco de predação enfrentado nos dias atuais. Apesar de haver várias espécies de predadores aéreos no PECB, a densidade da cobertura vegetal, típica de Floresta Ombrófila Montana, deve dificultar esse tipo de predação (Boinski *et al.*, 2003). Grandes predadores terrestres, como os felinos, sofrem ameaça com os distúrbios humanos (Mazzoli *et al.*, 2002), que foram intensos na Mata Atlântica (Dean, 1995). Entre 1985 e 1990, 5-12% da Floresta Atlântica original foi destruída, 2,5% entre 1995 e 2000 e mais 1% entre 2005 e 2010 (SOS Mata Atlântica e INPE, 1993, 2002, 2009). Sendo assim, os predadores terrestres em potencial do macaco-prego no PECB devem se encontrar em números pequenos (por exemplo, ver Galetti *et al.*, 2013). De fato, desde o início da pesquisa de longo prazo no PECB em 2001, nenhum evento de predação foi observado, apesar de o risco já ter sido observado algumas vezes. Por exemplo, em 2007, foi observado um ataque por um gavião pega-macaco (*Spizaetus tyrannus*) ao grupo de estudo. Com a tentativa de ataque do gavião, os macacos emitiram alarmes e se deslocaram para um espécime da palmeira, *Attaleia dubia*, espécie frequentemente usada como dormida (Fogaça, 2009), escondendo-se por entre as folhas até o gavião se afastar, o que ocorreu após cerca de duas horas (Fogaça e Izar, 2011).

A primeira hipótese investigada nesse trabalho foi a de que a variação da atividade dos predadores potenciais afetaria a percepção de risco de predação de macacos-prego. A previsão era de que a frequência de vocalizações de alarme para predadores seria maior na manhã e na tarde quando os períodos forem divididos de acordo com a atividade dos predadores. Essa hipótese foi confirmada. Nesse estudo, os predadores em potencial do macaco-prego observados próximos ao grupo estudado foram apenas predadores aéreos. Em 2007, os macacos emitiram vocalizações de alarme mais frequentemente durante o meio do dia, período em

que também houve a maior parte das observações de aves de rapina (12:00 às 14:00 horas). Na literatura, o período de maior atividade de aves de rapina é mais cedo, entre as 09:00 e 12:00 horas, mas os resultados encontrados aqui sugerem uma maior atividade no período do meio-do-dia. Em 2009, não houve diferença na emissão de vocalizações de alarme ao longo do dia, mas também não houve diferença na observação dos predadores próximos aos macacos estudados.

Esse resultado corrobora o encontrado para seis espécies de primatas (*Cercopithecus diana*, *C. campbelli*, *C. petaurista*, *C. nictitans*, *Cercocebus atys*, *Procolobus badius*, *Colobus polykomos* e *P. verus*) da Floresta Nacional de Tai, em que houve aumento na frequência de vocalizações de alarme durante a atividade da águia-coroadada (*Stephanoaetus coronatus*, Shultz e Noe, 2002). Em conjunto, esses resultados sugerem que a atividade de predadores aéreos é um fator importante na percepção de risco de predação de primatas.

A diferença no padrão de atividade das aves de rapina em 2007 e 2009 pode resultar de vários fatores climáticos. Temperaturas muito altas ou muito baixas podem diminuir a atividade das aves de rapina (Sick, 1997; Newton, 1979). A sazonalidade é outro fator que pode influenciar a atividade dessas aves, podendo ser menor na estação da seca, época em que consequentemente há uma menor percepção de risco de predação como Stone (2007) observou para *Saimiri sciureus*. A pequena quantidade de dias em que ocorreu vocalizações de alarme não permite fazer uma relação entre temperatura e atividade dos predadores aéreos ou sazonalidade e atividade dos predadores aéreos. Para compreender a variação da atividade das aves de rapina no PECB são necessários mais estudos.

A segunda hipótese analisada foi a de a diminuição dos predadores terrestres teria afetado a percepção de risco de predação no horário de maior atividade deles. Durante a tarde, os adultos tem a tendência de descansar mais (Santos, 2009). Considerando que os animais devem otimizar seu comportamento, alocando comportamentos antipredatórios em períodos de maior risco de predação (Lima e Bednekoff, 1999), outros comportamentos devem ocorrer com maior frequência em períodos de baixo risco de predação. Desse modo, a tendência ao descanso a tarde sugere um menor risco de predação nesse período. De fato, vocalizações de alarme emitidas para predadores aéreos em 2007

ocorreram abaixo do esperado na tarde quando os períodos foram divididos de acordo com a atividade dos predadores, indicando uma menor percepção de risco de predação aérea. Porém, vocalizações emitidas em contextos indeterminados ocorreram acima do esperado. É preciso considerar que essas vocalizações emitidas podem ser um indício de aumento da percepção de risco de predação por felinos ao anoitecer, horário de maior atividade desses predadores. Embora a predação terrestre deva ser baixa por conta da redução do número desses predadores (Galetti *et al.*, 2013), o comportamento antipredatório deve ter sido selecionado pela história de predação passada (Hill e Dunbar, 1998), em que o maior número de predadores terrestres oferecia um maior risco de predação ao anoitecer. A redução de uma visão efetiva e, portanto, a redução de detecção do predador confere uma maior vulnerabilidade dos macacos à predação nesse horário, sendo o comportamento antipredatório mantido. Desse modo, vocalizações de alarme emitidas em um contexto indeterminado podem ser um reflexo da história de predação passada que se manteve na população.

Os resultados desse trabalho sugerem que mesmo com a redução dos predadores no PECB, provavelmente devido à atividade humana, e com a consequente diminuição da percepção de risco de predação, inferida pela baixa taxa de vocalizações de alarmes, os animais não perderam as respostas adaptadas à predação. A percepção de risco de predação por aves de rapina ocorre de acordo com a atividade desses predadores enquanto que a percepção de risco de predação terrestre deve ser um efeito de uma resposta selecionada no passado e que não se perdeu por conta de uma maior vulnerabilidade dos macacos à predação ao anoitecer, mesmo com a redução do risco de predação.

Referências

- Altmann, J. (1974). Observational Study of Behavior: Sampling Methods. *Behaviour*, 49, 227-267.
- Aureli, F.; Schaffner, M.C.; Boesch, C.; Bearder, S. K.; Call, J.; Chapman, C.A.; Connor, R.; Di Fiore, A.; Dunbar, R.I.M; Henzi, S.P.; Holekamp, K.; Korstjens, A.H.; Layton, R.; Lee, P.; Lehmann, J.; Manson, J.H.; Ramos-Fernandez, G.; Strier, K.B. e van Schaik, C.P. (2008). Fission-fusion Dynamics. *Current Anthropology*, 49 (4), 627-654.

Beisiegel, B.M. e Oliveira, E.N.C. (2012). Densidade populacional e uso do espaço por onças pintadas e pardas nos Parques Estaduais turístico do Alto Ribeira, Carlos Botelho, Intervales e Ilha do Cardoso e Estação Ecológica de Xitué, São Paulo. 4o Encontro de Pesquisa e Iniciação Científica do ICMBio. Anais do IX Seminario de Pesquisa e Iniciação Científica, Instituto Chico Mendes de Conservação a Biodiversidade. Beisiegel, B.M. (1999). Contribuição ao estudo da história natural do cachorro do mato,

Cerdocyon thous e do cachorro vinagre, *Speothos venaticus*.— Tese de Doutorado. Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.

Boinski, 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.

Colquhoun, I. C. (2006). Predation and Cathemerality: Comparing the Impact of Predators on the Activity Patterns of Lemurids and Ceboids. *Folia Primatologica*, 77, 143–165.

Dean, W. (1995). With broadax and firebrand: The destruction of the Brazilian Atlantic Forest. *University of California Press*, Berkeley.

Dias, A. C. (2005). Composição florística, Fitossociologia, Diversidade de Espécies Arbóreas e Comparações de Métodos de Amostragem na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual Carlos Botelho, SP, Brasil. Tese de Doutorado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Di Bitetti, M.S. (2001). Home-range use by the tufted capuchin monkey (*Cebus apella nigratus*) in a subtropical rainforest of Argentina. *J. Zool. Lond.* 253, 33-45.

Domingues, E. N.; Silva, D. A., e Vellardi, A. C. V. (1987). Correlações topogeomorfológicas, geológicas e de declividades do Parque Estadual de Carlos Botelho - SP. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, 41, 377-420.

Domingues, E.N.; Silva, D.A. (1988) Geomorfologia do Parque Estadual de Carlos Botelho (SP). *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, 42, 71-105.

Eason, P., (1989). Harpy Eagle Attempts Predation on Adult Howler Monkey. *The Condor*, 91(2), 469-470.

Fenn, M. G. P., e Macdonald, D. W. (1995). Use of Middens by Red Foxes: risk reverses rhythms of rats. *Journal of Mammalogy* 76, 130–136.

Ferrari, S. F. e Ferrari, M. A. L. (1990). Predator Avoidance Behaviour in the Buffy-headed Marmoset, *Calithrix flaviceps*. *Primates*, 31(3), 323-328.

- Fichtel, C. and Kappeler, P.M. (2010). Variation in the Meaning of Alarm Calls in Verreaux's and Coquerel's Sifakas (*Propithecus verreauxi*, *P. coquereli*). *International Journal of Primatology*, 32(2), 346-361.
- Flasskamp, A. (1994). The Adaptive Significance of Avian Mobbing. An Experimental Test of the 'Move On' Hypothesis. *Ethology*, 96 (4), 322-333.
- Fogaça, M. D. (2009). Escolha de Árvore de Dormida e sua influência na rota diária de um grupo de *Cebus nigritus*, no Parque Estadual Carlos Botelho, SP. (Dissertação de Mestrado) Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, SP. Recuperado de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/47/47132/tde-30112009-144109/pt-br.php>
- Fogaça, M. D. e Izar, P. (2011). O uso de palmeiras por macacos-prego, *Sapajus nigritus*, como proteção contra predação: relato de caso. Resumo XIV Congresso Brasileiro de Primatologia.
- Galetti, M.; Eizirik, E.; Beisiegel, B.; Ferraz, K.; Cacalcanti, S.; Srbek-Araujo, A.C.; Crawshaw, P.; Paviolo, A.; Galetti Jr., P.M.; Jorge, M.L.; Marinho-Filho, J.; Vercillo, U. e Morato, R. (2013). Atlantic Rainforest's Jaguars in Decline. *Science*, 342, 930.
- Hart, D. (2000). Primates as prey: Ecological, morphological, and behavioral relationships between primate species and their predators. Doctoral dissertation. Washington University, St. Louis, Missouri.
- Hill, R.A., and Dunbar, R.I.M. (1998). An Evaluation of the Roles of Predation Rate and Predation risk as Selective Pressures on Primate Grouping Behaviour. *Behavior*, 135, 411-430.
- Izar, P. (2004). Female Social Relationships of *Cebus apella nigritus* in a Southeastern Atlantic Forest: an Analysis Through Ecological Models of Primate Social Evolution. *Behaviour* 141, 71-99.
- Izar, P., Verderane, M.P.; Peternelli-dos-Santos, L.; Mendonça-Furtado, O.; Tokuda, M.; Visalberghi, E.; Fragaszy, D. (2012). Flexible and Conservative Features of Social Systems in Tufted Capuchin Monkeys: Comparing the Socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. *American Journal of Primatology* 73, 1-17.
- Konecny, M.J. (1989). Movement Patterns and Food Habits of Four Sympatric Carnivore Species in Belize, Central America. *Advances in Neotropical mammalogy*, 243-264.
- Lima, S.L., and Bednekoff, P.A., (1999). Temporal Variation in Danger Drives Antipredator Behavior: The Predation Risk Allocation Hypothesis. *The American Naturalist*. 153, 6, 649-659.

- Macedonia, J.M., and Evans, C.S. (1993). Variation Among Mammalian Alarm Call Systems and the Problem of Meaning in Animal Signals. *Ethology*, 93, 177–197.
- Maffei, L. Cuéllar, E., Noss, A. (2004). One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *Journal of Zoology*, 262(3), 295–304.
- Mañosa, S., Mateos, E. and Pedrocchi, V., 2003. Abundance of Soaring Raptors in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Journal Raptor Research*, 37 (1), 19-30.
- Mazzolli, M., Graipel, M.E. & Dunstone, N. (2002). Mountain lion depredation in southern Brazil. *Biol. Conserv.* 105, 43-51.
- Nakai, E. S. (2007). Fissão-fusão em *Cebus nigritus*: flexibilidade social como estratégia de ocupação de ambientes limitantes. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Newton. I. (1979). Population ecology of raptors. Buteo Books. Vermillion, South Dakota.
- 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, 793-810.
- Resende, B.D.; Mannu, M.; Izar, P. e Ottoni, E.B. (2004). Interaction between capuchins and coatis: nonagonistic behaviors and lack of predation. *International Journal of Primatology*, 25 (6), 1213-1224.
- Santos, L.P.C. (2009). Diferenças sexo/etárias no Forrageamento de *Cebus nigritus* em Área de Mata Atlântica. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Seyfarth, R.M., Cheney, D.L. e Marler, P. (1980). Monkey responses to three different alarm calls: evidence of predator classification and semantic communication. *Science*, 210 (4471), 801 -803.
- Shultz, S. e Noë, R. (2002). The consequences of crowned eagle central-place foraging on predation risk in monkeys. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 269, 1797-1802.
- Sick, H. (1997). Ornitologia brasileira: uma introdução. Rio de Janeiro: Nova Fronteira 912p. Sigrist, T. 2007. *Aves do Brasil oriental*, 1, 448. Avis Brasilis. São Paulo.
- SOS Mata Atlântica e INPE (1993). Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados do Domínio da Mata Atlântica. SOS Mata Atlântica e Instituto de Pesquisas Espaciais, São Paulo, Brazil.

- SOS Mata Atlântica e INPE (2002). Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 1995-2000 — Relatório Final. SOS Mata Atlântica e Instituto de Pesquisas Espaciais, São Paulo, Brazil.
- SOS Mata Atlântica e INPE (2009). Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2008-2010 – Relatório Parcial. SOS Mata Atlântica e Instituto de Pesquisas Espaciais, São Paulo, Brazil.
- Stanford, C.B. (2002). Avoiding Predators: Expectations and Evidence in Primate Antipredator Behavior. *International Journal of Primatology*, V. 23, n. 4, pp.741-757.
- Stone, A. I. (2007). Age and Seasonal Effects on Predator-Sensitive Foraging in Squirrel Monkeys (*Saimirisciureus*): A Field Experiment. *Am. J. Primatol.*, 69, 127-141.
- Sundermann, D.; Scheumann, M. e Zimmermann, E. (2005). Olfactory predator recognition in predator-naive grey mouse lemurs (*Microcebusmurinus*). *Primate Report*, 72: 94.
- Vermeij, G., J. (1982). Unsuccessful Predation and Evolution. *The American Naturalist*, 120 (6), 701-720.
- Wheeler, B.C., (2010). Decrease in Alarm Call Response Among Tufted Capuchins in Competitive Feeding Contexts: Possible Evidence for Counterdeception. *International Journal of Primatology* (2010) 31, 665–675.
- Zubberbühler K., Jenny, D. e Bshary, R., (1999). The Predator Deterrence Function of Primate Alarm Calls. *Ethology* 105, 477 – 490.

CAPÍTULO 7

Interação entre o grupo de macacos-prego-galegos (*Sapajus flavius* Schreber, 1774) do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife - PE.

Pessoa A. R.¹, Sena M. V. A.¹, Oliveira W. F.¹, Camêlo D. M. M.¹, Bandeira R. L.¹,
Santino M. B.¹, Silva E. G.¹, Canuto S. M.¹, Melo L. C. O.² & Oliveira M. A. B.¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco. ²Parque Estadual Dois Irmãos.

Resumo

Macacos-prego-galegos (*Sapajus flavius*) habitam a Floresta Atlântica e seu limite com a Caatinga no Nordeste brasileiro, apresentam estrutura social complexa por viverem em grandes grupos. Redescobertos em 2006 após suposta extinção, pouco sabe-se sobre as suas interações sociais. Perante a necessidade de estudos comportamentais para embasar as estratégias de conservação da espécie, objetivou-se a análise e descrição das interações comportamentais em um grupo de *Sapajus flavius* em cativeiro. O grupo possuía quatro indivíduos (um adulto e um jovem de cada sexo), observados entre agosto de 2012 a fevereiro de 2013, utilizando Varredura Instantânea e Animal Focal como métodos de amostragem. Os principais comportamentos intraespecíficos apresentados foram catar, ser catado e brincar. A fêmea adulta apresentou os maiores percentuais de interação (12,7% do tempo total de observação), seguida pelo macho jovem (12,5%). O macho adulto envolveu-se em atividades com os demais membros do grupo em 8,6% do tempo de observação, valor apenas superior ao da fêmea jovem (6,3%). Os efeitos do manejo (recinto e ausência de programa sistemático de enriquecimento ambiental) assim como a história de vida dos indivíduos e o reduzido tamanho do grupo foram avaliados como as principais influências que conduziram o resultado das interações.

Palavras chaves: Etologia, conservação, socialização.

Abstract

Blond capuchin monkeys (*Sapajus flavius*) live in Atlantic forest and its limits with the Caatinga in the NorthEast, Brazil. They present a complex social structure and live in big groups. Rediscovered in 2006 after supposed extinction, few is known about its social interactions. Facing the lack of behavioral study for provide bases to the conservation strategies, we aimed to analyze and describe behavioral interactions in one *Sapajus flavius* captive group. The group had four individuals (one adult and one juvenile of both sex) observed from August 2012 to February 2013, using Scan and Focal animal as sample methods. The mainly intraspecific behaviors seen were allogrooming and play. The adult female presented the higher percentage of interaction (12,7% of total observational time), followed by the young male (12,5%). The adult male get involved with the other members of the group at 8,6% of the observational time, only above the young female value (6,3%). The effects of the management (enclosure and the absence of a systematic program of environmental enrichment) besides the life history, and reduced size of the group were evaluate as the main influences which lead to the result of social interactions.

Key words: Ethology, conservation, socialization.

Introdução

Os primatas cebídeos dos gêneros *Sapajus* e *Cebus* apresentam estrutura social hierarquizada, vivem em grupos familiares e permanecem neles durante toda a sua vida. Alimentam-se, locomovem-se e dormem juntos todos os dias. Caracterizam-se por sua agilidade em escalar e se movimentar, envolvendo-se em atividades, com movimentos coordenados, para exploração de ambientes, costumam ser bastante brincalhões, principalmente os mais jovens (FRAGASZY, 2005), utilizam ferramentas para acessar alimentos, características da versatilidade comportamental desses gêneros (SOUTO et al., 2011).

Denominados vulgarmente de macacos-prego, são primatas diurnos, arborícolas, de médio porte e longevos (FRAGASZY, 2005). O gênero *Sapajus*

possui tufo ou capuz no alto da cabeça, uma característica que o distingue do gênero *Cebus* (LYNCH-ALFARO et al., 2011). Os macacos-prego em geral apresentam uma dieta frugívora-insetívora, incluindo uma grande variedade de frutas, artrópodes, pequenos vertebrados, suplementada com caules, folhas e flores (BICCA-MARQUES et al., 2011).

O macaco-prego-galego, *Sapajus flavius* (Schreber, 1774), habita da Floresta Atlântica ao seu limite com a Caatinga no Nordeste brasileiro (FERREIRA et al., 2009), entretanto, pouco se sabe sobre seu comportamento, pois a espécie foi recentemente redescoberta após sua suposta extinção (OLIVEIRA; LANGGUTH, 2006), consequentemente são raras as informações acerca de eventos de predação que os macacos-prego-galegos sofrem na natureza e seus comportamentos de reação a esses eventos.

Atualmente os macacos-prego-galegos estão em sério risco de extinção, de acordo com a IUCN a espécie encontra-se criticamente em perigo, com suas populações extremamente fragmentadas e com o nível populacional diminuindo constantemente. Para a proteção em longo prazo da biodiversidade a melhor opção é a manutenção das comunidades naturais e das populações no ambiente selvagem. No entanto, por existir espécies desconhecidas ou pouco estudadas na maior parte das regiões tropicais, a forma de preservação *in situ* talvez seja a melhor estratégia de conservação, pois permite que essas populações possam ser estudadas, possibilitando uma escolha mais segura entre as estratégias existentes (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

No cativeiro a estrutura física do ambiente que os animais estão submetidos pode influenciar na expressão de comportamentos típicos da espécie (BARBOSA; MOTA, 2004). Mudanças notáveis na postura, no movimento e no nível de atividades são indicadores que o animal pode estar doente. Os macacos-prego podem desenvolver comportamentos anormais repetitivos, podendo apresentá-los mais persistentemente quando estressados (FRAGASZY, 2005).

Perante a necessidade de estudos comportamentais para a conservação desta espécie, o presente estudo teve como objetivo analisar e descrever os comportamentos sociais intraespecíficos de *Sapajus flavius* em cativeiro, para obtenção de conhecimento dos comportamentos desta espécie, visando uma melhor forma de auxiliar a sua conservação.

Metodologia

A coleta dos dados comportamentais ocorreu no zoológico do Parque Estadual Dois Irmãos (PEDI), localizado no bairro de Dois Irmãos em Recife-PE, no período de agosto de 2012 a fevereiro de 2013. O grupo da espécie em questão encontrava-se em exposição na ala dos primatas do PEDI. O grupo consistia de quatro indivíduos, sendo dois machos (um adulto e um juvenil) e duas fêmeas (uma adulta e uma juvenil), que foram observados no período diurno, totalizando 42 horas de coleta de dados comportamentais, com 21 horas de esforço amostral.

As metodologias utilizadas na coleta de dados foram: Scan (varredura), que consistiu de um minuto para registrar o primeiro evento comportamental e a localização de cada um dos quatro indivíduos do grupo, conjugado em sequência com o registro do método Animal Focal (ALTMANN, 1974), que consistiu de um minuto para observação de cada um dos quatro indivíduos do grupo, registrando os eventos e sequências comportamentais, a duração de cada evento e a localização de cada indivíduo no recinto (DEL-CLARO, 1978). Este método conjugado somou cinco minutos de observação, seguido por cinco minutos de intervalo, resultando nas observações conjugadas a cada 10 minutos, no entanto comportamentos excepcionais quando observados durante esse intervalo, foram registrados. A sequência de registro utilizada seguiu a ordem do animal mais à esquerda do observador para o mais à direita. A medida que foram coletados, os dados foram transferidos para uma planilha do EXCEL®, ao final, foram submetidos as análises estatísticas descritivas.

Resultados

A partir da coleta de dados comportamentais, realizada no período de agosto de 2012 a fevereiro de 2013, com 21 horas de esforço amostral, foi possível analisar quais comportamentos sociais intraespecíficos foram mais exibidos por cada indivíduo, assim como quantificar a interação realizada entre cada um deles (tabela 1).

A fêmea adulta (F1) apresentou os maiores percentuais de interação social intraespecífica, 12,7% do tempo total de observação (21 horas). Dentre

os variados comportamentos sociais apresentados, os com maior intensidade foram, o comportamento de catar outro indivíduo, com macho jovem (M2) durante 36% do tempo e com macho adulto (M1) por 14%. O segundo comportamento social mais realizado foi o de ser catada por outro indivíduo, pelo M1 com duração de 24% e pelo M2 por 6%. A F1 também apresentou o comportamento de brincadeira social com os indivíduos M2 e fêmea jovem (F2), durante 14% e 2% respectivamente. Também foi observado o comportamento de display sexual (caracterizado pelo movimento de copula, mas sem visualização de sêmen) com o M2 durante 3% do tempo de interação.

Tabela 1: Orçamento comportamental de interação de cada indivíduo de *Sapajus flavius* do PED1. **Legenda:** M1, macho adulto; F1, fêmea adulta; M2, macho juvenil; F2, fêmea juvenil; BS, brincar social; DS, display sexual; G-, ser catado; G+, catar outro; SG, solicitar catação.

Indivíduo interagido/ comportamento	M1	F1	M2	F2
M1 G+		14%	05%	42%
F1 G+	31%		09%	
M2 G+	03%	36%		17%
F2 G+	07%			
M1 G-		24%	02%	09%
F1 G-	11%		37%	
M2 G-	13%	06%		
F2 G-	32%		11%	
M1 SG		01%		01%
F1 SG	01%		01%	
M2 SG				
F2 SG	02%			
F1 BS			15%	
M2 BS		14%		32%
F2 BS		02%	19%	
F1 DS			01%	
M2 DS		03%		
TOTAL (min.)	16,0	23,7	23,3	11,8

O macho jovem (M2) foi o segundo indivíduo com maiores percentuais de interação (12,5% do tempo total). O comportamento observado com maior frequência foi o de ser catado por outro indivíduo, sendo 37% do tempo de interação pela F1, 11% pela F2 e 2% pelo M1. O segundo comportamento mais realizado foi o de brincadeira social, sendo 19% com a F2 e 15% com a F1. Na sequência, o terceiro comportamento foi o de catar outro indivíduo, 9% com a F1 e 5% com o M1.

O macho adulto (M1) envolveu-se em atividades interativas com os demais membros do grupo em 8,6% do tempo total observado, sendo o comportamento de ser catado o mais frequente, com 32% do tempo de interação com F2, 13% com M2 e 11% com F1. O segundo comportamento mais apresentado foi o de catar outro indivíduo, 31% do tempo de interação com F1, 7% com F2 e 3% com M2.

A fêmea jovem (F2) apresentou a menor porcentagem, 6,3%, de interação social com os demais membros do grupo. Com o comportamento de catar outro indivíduo como o mais realizado, 42% do tempo de interação com o M1 e 17% com o M2. Também foi observado o comportamento de brincadeira social com o M2 durante 31% do tempo de interação. O comportamento de ser catada foi observado em 9% do tempo sendo realizado M1. Foi observado também que esta fêmea se isolava dos demais em grande parte do tempo total de observação (21,6%), superando os valores de interação.

Discussão

Ambas as fêmeas apresentaram mais o comportamento de catar o outro do que ser catada, no entanto, a fêmea adulta apresentou por mais tempo ambos os comportamentos, o que pode ser um indicativo que ela seja a fêmea alfa corroborando o trabalho de Parr et al. (1997) que afirma que fêmeas alfa de *Sapajus apella* foram as únicas a apresentarem mais o comportamento de catar do que ser catada. Discordando de Robinson (1981) que afirma que indivíduos juvenis de ambos os sexos do gênero *Sapajus* geralmente dominam algumas fêmeas adultas.

O comportamento de brincar socialmente foi observado em três indivíduos (F1, M2 e F2), não constatado no macho adulto (M1), provavelmente por ser o indivíduo mais velho. Brincadeiras são observadas mais comumente em indivíduos mais jovens (FRAGASZY, 2005). A brincadeira social observada neste estudo condiz com Resende e Otoni (2002), pois foram observadas apenas entre indivíduos da mesma faixa etária e tamanho semelhante, e provavelmente está associada à maior tolerância entre estes membros do grupo.

Ao contrário do observado por Fragazy (2005) os primatas em questão não apresentaram grande coesão em relação à alimentação e locomoção, especialmente a fêmea jovem que se isolou dos demais. No entanto, para dormir todos se agrupavam em um local de descanso, localizado no quadrante superior do fundo do recinto.

Apesar de ser uma colônia reprodutiva, não houve geração de filhotes, mesmo tendo sido observado o comportamento de display sexual entre a fêmea adulta e o macho juvenil. Não foi visualizada nenhuma interação sexual entre os adultos. Acco et al. (1999) afirmam que o estresse pode causar redução na libido e na fertilidade de animais, causa provável da não reprodução da colônia.

Como a fêmea jovem (F2) foi observada pela maior parte do tempo isolada socialmente dos outros residentes, podemos levantar a possibilidade de que ela pode ter sido isolada logo após o nascimento, uma vez que os estudos de Rowland (1964 apud MITCHELL et al, 1966), constataram que isolamento social de macacos (no caso dos estudos dos macacos rhesus) após o nascimento causa um severo efeito debilitante no comportamento social, tornando-os assustados, com comportamentos estereotipados e sexualidade anormal.

Os efeitos do manejo em um recinto de exposição aos visitantes do zoológico e a ausência de um programa sistemático de enriquecimento ambiental, assim como a história de vida dos indivíduos e o reduzido tamanho do grupo são fatores levantados como as principais influências que conduziram os resultados das interações ressaltadas no presente estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro e concessão da bolsa CNPq à primeira autora, a UFRPE pelo apoio a pesquisa, a toda equipe do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI).

Referências

- ACCO, A.; PACHALY, J.R.; BACILA, M. Síndrome do estresse em animais - Revisão. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**. Curitiba. V 2. N 1. P 71-76. 1999.
- ALTMANN, J. Observational Study of Behavior: Sampling Methods. **Behavior**. V. 49. 1974. P. 227- 265.
- BARBOSA, M. N.; MOTA, M. T. S. A influência da rotina de manejo na interação social entre pares heterossexuais do sagüi, *Callithrix jacchus* (Linnaeus,1758). **Revista Brasileira de Zoociências**. Juiz de Fora, v. 6, n. 1. P. 29- 43. 2004.
- BICCA-MARQUES, J. C.; SILVA, V. M.; GOMES, D. F. Ordem primates. In: **Mamíferos do Brasil**. 2 ed. N. R. REIS; A. L. PERACCHI; W. A. PEDRO; I. P. LIMA. Londrina. P 107-150. 2011.
- DEL-CLARO, K. **Comportamento animal: uma introdução e ecologia comportamental**. Editora – Livraria Conceito. Jundiaí, SP. 2004. 132p.
- FERREIRA R. G. JERUSALINSK, L. SILVA, T. C. F.; FIALHO, M. S.; ROQUE, A. A.; FERNANDES, A. E ARRUDA, F. On the occurrence of *Cebus flavius* (Schreber 1774) in the Caatinga, and the use of semi-arid environments by Cebus species in the Brazilian state of Rio Grande do Norte. **Primates**. v. 50. P 357-362. 2009.
- FRAGASZY, D. **Capuchin Monkeys: Enrichment for nonhuman primates**. University of Georgia, Georgia, USA. 2005. 16p.
- IUCN 2012. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Visualizado em 02 de setembro de 2013.
- LYNCH-ALFARO J. W., BOUBLI, J. P.; OLSON, L. E.; DI FIORE, A.; WILSON, B.; GUTIÉRREZ-ESPELETA, G. A.; ET AL. Explosive Pleistocene range expansion leads to widespread Amazonian sympatry between robust and gracile capuchin monkeys. **Journal of Biogeography**. 2011.
- OLIVEIRA M. M.; LANGGUTH A. 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, Zoologia, n.523, 2006.

- PARR L. A., MATHESON M.D., BERNSTEIN I. S., DE WAAL F. B. M. Grooming down the hierarchy: allogrooming in captive brown capuchin monkeys, *Cebus apella*. **Animal Behaviour**. V 54. P 361-367. 1997.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina- PR. P.177-179. 2001.
- RESENDE, B. D.; OTTONI, E. B. Brincadeira e aprendizagem do uso de ferramentas em macacos-pregos (*Cebus apella*). **Estudos de Psicologia**. V 7. P 173-180. 2002.
- ROBINSON, J.G. Spatial structure in foraging groups of wedged capped capuchin monkeys *Cebus nigrivittatus*. **Animal behaviour**. V 29. 1981.
- ROWLAND, G. L. **The effects of total social isolation upon Learning and social behavior in rhesus monkeys**. University of Wisconsin. 1964. Apud. MITCHELL G. D., RAYMOND E. J., RUPPENTHAL G. C., HARLOW H. F. Long-term effects of total social isolation upon behavior of rhesus monkeys. **Psychological Reports**. V 18. P 567-580. 1966.
- SOUTO, A.; BIONE, C. B. C.; BASTOS, M.; FRAGRASZY, D.; SCHIEL, N. Critically endangered blonde capuchins fish for termites and use new techniques to accomplish the task. *Biology Letters animal behaviour*, The Royal Society. P. 1-4. 2011.

CAPÍTULO 8

Uso de ferramentas e orçamento de atividades de macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) residentes em manguezal no maranhão

Fernanda Helena Ribeiro Cutrim; Patrícia Izar

Departamento de Psicologia Experimental - IPUSP

RESUMO

Estudos apontam o uso rotineiro de ferramentas de quebra por *Sapajus libidinosus* em ambientes savanoides, porém em manguezais os dados são escassos. À luz das hipóteses da oportunidade e da necessidade para explicar o uso de ferramentas por primatas, este trabalho investigou de março de 2012 a março de 2013, a relação entre uso de ferramentas, orçamento de atividades e disponibilidade de alimentos para um grupo de *S. libidinosus* de um manguezal no Maranhão. Avaliamos o uso de ferramentas por evidências indiretas e registramos as atividades dos animais e a disponibilidade de alimentos. As estações não influenciaram a disponibilidade de caranguejos nem a frequência de uso de sítios de quebra, porém influenciaram a disponibilidade de flor. Não houve correlação entre frequência de utilização mensal dos sítios de quebra e as atividades diárias, nem com a disponibilidade de alimentos, favorecendo a hipótese da oportunidade. Houve sazonalidade no tipo de recurso extraído com as ferramentas. Na estação seca, época de menor disponibilidade de flores, os macacos quebraram mais bivalves e gastrópodes, recursos alternativos de menor retorno energético, de acordo com a hipótese da necessidade. Em conclusão, nossos resultados não permitem rejeitar nenhuma das hipóteses.

ABSTRACT

Studies suggest the routine use of tools for *Sapajus libidinosus* in Caatinga/Cerrado environments, but data are scant in mangroves. In the light of the opportunity and the necessity hypotheses, this study investigated from March 2012 to March 2013, the relationship between tool use, activity budget and food availability for a group of *S. libidinosus* inhabiting a mangrove in Maranhão. We collected indirect evidence of tool use, and recorded the activities of the animals and food availability. Seasonality did not affect the availability of crabs or the frequency of use of tool sites, but influenced the availability of flowers.

There was no correlation between frequency of tools sites per month and daily activities, nor with food availability, favoring the opportunity hypothesis. Nonetheless, there was seasonal variation in the type of resource extracted with tools. During the dry season, a period of reduced availability of flowers, monkeys mostly cracked open bivalves and gastropods, alternative food resources of low-energy return, according to the necessity hypothesis. In conclusion, we cannot reject any of the two hypotheses based on our results.

INTRODUÇÃO

Os macacos-prego (*Sapajus* spp) apresentam em seu repertório comportamental a capacidade de usar ferramentas. Anteriormente só observado em cativeiro (Visalberghi, 1990) e em semi-liberdade (Resende, 2004), hoje se sabe que este comportamento é exibido por diferentes espécies e populações em ambientes distintos (Ottoni & Izar, 2008; Canale, Guidorizzi, Kierulff & Gatto, 2009; Ferreira, Emidio & Jerusalinsky, 2010; Souto, Bione, Bastos, Bezerra, Fragaszy & Schiel, 2011; Emidio & Ferreira, 2012, Cutrim, 2013).

A população que usa ferramentas mais estudada até o momento é a de *S. libidinosus* em ecótono de Cerrado/Caatinga na Fazenda Boa Vista (FBV), Piauí. Os macacos-prego da FBV utilizam martelos de pedras para quebrar cocos (Spagnoletti, Visalberghi, Ottoni, Izar & Fragaszy, 2011) e para a abertura de castanha de caju (Siriani & Visalberghi, 2013). O uso de ferramenta por esses macacos é rotineiro e, embora represente pouco tempo das atividades diárias (Verderane, 2010), contribui para a linearidade da

hierarquia de dominância estabelecida entre as fêmeas (Verderane, Izar, Visalberghi & Frigaszy, 2013). Esse resultado é indicativo do valor do recurso alimentar obtido com ferramentas, pois resulta de um aumento da competição direta e menor tolerância entre as fêmeas nos sítios de quebra (Verderane et al., 2013).

Alguns estudos vêm testando hipóteses para explicar a variação no uso de ferramentas na exploração de alimentos encapsulados por macacos-prego (Moura & Lee, 2004; Ottoni & Izar, 2008; Emidio & Ferreira, 2012; Spagnoletti, Visalberghi, Verderane, Ottoni, Izar & Frigaszy, 2012). As principais hipóteses são: 1) Hipótese da necessidade ou do gargalo energético, segundo a qual o uso de ferramentas é uma resposta à escassez dos principais recursos alimentares e 2) Hipótese da oportunidade, segundo a qual o uso de ferramentas emerge do acesso simultâneo a martelos e recursos encapsulados, o que é mais provável ocorrer em populações que vivem em ambientes com elevada oferta de alimento, pois estas apresentam um alto grau de tolerância social e coesão grupal (Koops, Visalberghi & van Schaik, 2014).

Em manguezais, pouco se sabe sobre a ecologia, orçamento de atividades e uso de ferramentas de quebra por macacos-prego. Um estudo com *S. libidinosus* que habita manguezais revelou que a dieta é composta por propágulos, flores e frutos de várias espécies de mangues, além de insetos e de recursos encapsulados como caranguejos, gastrópodes, bivalves e turus (Cutrim, 2013). O uso de ferramentas de quebra durante a alimentação desses primatas já foi observado (Fernandes, 1991; dos Santos, 2010), inclusive o seu uso facultativo para a obtenção do caranguejo (dos Santos, 2010). O objetivo do presente trabalho foi investigar se existe relação entre a disponibilidade de alimentos, uso de ferramentas de quebra e orçamento de atividades por uma população de *S. libidinosus* que habita o manguezal do sul do Maranhão, à luz das hipóteses ecológicas sobre uso de ferramentas.

Mudanças na disponibilidade, abundância, qualidade e distribuição dos alimentos influenciam diretamente no orçamento diário individual de muitas espécies de primatas (Isbell & Young, 1993, Verderane, 2010; Izar, Verderane, Peternelli-dos-Santos, Mendonça-Furtado, Presotto, Tokuda, 2012) e alguns estudos apontam que, para os macacos-prego, fatores como a pluviosidade

e a oferta de alimentos podem alterar o orçamento de atividades (*S. nigritus*: Rímoli, 2001, Izar et al., 2012; *S. libidinosus*: Moura, 2004, Izar et al., 2012; *Sapajus* spp: Ferreira, Lee & Izar, 2008). Assim, pela hipótese da necessidade ou do gargalo energético, previmos que o uso de martelos pelos macacos-prego para a obtenção de crustáceos apresentaria uma correlação com a disponibilidade dos recursos alimentares e com o período seco/chuvoso do ano. Nós previmos que os indivíduos utilizariam com maior frequência martelos para acessar recursos animais encapsulados (caranguejos) no período do ano em que os recursos vegetais (flores) estivessem escassos. Além disso, previmos que o tempo despendido pelos macacos-prego nas diversas atividades diárias estaria correlacionado com a frequência de uso dos sítios de quebra e com a disponibilidade alimentar. No período seco, as flores estariam menos disponíveis e por isso os indivíduos aumentariam a procura por outros recursos alimentares, principalmente caranguejos, para suprir suas necessidades energéticas diárias. Desta forma, o forrageio seria a atividade predominante na estação seca, assim como o uso dos sítios para a quebra de caranguejos.

Pela hipótese da oportunidade, previmos que os indivíduos utilizariam martelos sempre que os caranguejos estivessem abundantes no ambiente, independentemente da oferta de flores e do orçamento de atividades.

METODOLOGIA

Área e grupo de estudo

A pesquisa foi realizada em um fragmento de manguezal (Área de Preservação Permanente) com 37 ha denominado Morro do Boi (2°37'21.7"S; 42°41'18.5"W), situado à margem direita do rio Preguiças localizado no município de Barreirinhas, litoral leste do estado do Maranhão. O estuário do rio Preguiças está inserido em uma região com influência de dunas móveis, lagoas sazonais, vegetação de restinga e campos naturais (IBAMA, 2003; Floriani, Fernandes-Pinto & Fukuda, 2004), que limitam o manguezal dos estuários mais próximos e criam fragmentos naturais formados por florestas de mangue que são colonizadas por diversos grupos de *S. libidinosus*. As espécies vegetais deste estuário são: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *R. harrissoni*, *Avicenia germinans*

(Menezes, Berger & Mehlig, 2008), *A. shaweriana* e *Laguncularia racemosa* (dos Santos, 2010). Anexa à área de estudo existe uma pequena área de restin-ga com árvores frutíferas (coqueiro – *Cocos nucifera*, cajueiro – *Anacardium occidentale*, goiabeira - *Psidium guajava*, murici- *Byrsonima crassifolia*, guajiru - *Chrysobalanus icaco* e panã – *Annona crassiflora*). E a fauna da área é com-posta por diversas espécies, entre anfíbios (*Bufo marinus*), répteis - serpentes: sucuri (*Eunectes murinus*) e goipeba (*Waglerophis merremii*) e jacaré: *jacare-tingá* (*Caiman crocodilus*) - aves de rapina e mamíferos, como o veado-mateiro (*Mazma americana*), a paca (*Agouti paca*), o guaxinim (*Procyon cancrivorus*) e o macaco-prego (*Sapajus libidinosus*). Dentre esses animais, os potenciais preda-dores de *S. libidinosus* são *Eunectes mutinus*, *Caiman crocodilus* e aves de rapina e o potencial competidor é *Procyon cancrivorus* que se alimenta de crustáceos durante a noite.

Nesta região, o clima é caracterizado como tropical sazonal, com duas esta-ções bem definidas: uma estação chuvosa, que ocorre de janeiro a junho, e uma seca, de julho a dezembro. A temperatura é estável ao longo do ano com média anual de 26°C e precipitação de 1.600 mm (IBAMA, 2003).

O grupo de *S. libidinosus* observado neste estudo é o único que habita o fragmento de manguezal Morro do Boi e apresentou tamanho de 31 indivíduos, sendo 17 adultos, 6 subadultos, 4 jovens e 4 filhotes. Os macacos dividiam-se em unidades de forrageio, de 2 a 4 indivíduos e ficavam dispostos a uma distân-cia média de 2 a 5 metros uns dos outros enquanto forrageavam. Porém, essa distância algumas vezes foi maior, pois nessas ocasiões era visível apenas um indivíduo.

A habituação do grupo à presença da pesquisadora e de um assistente de campo não foi completa durante todo o período de coleta dos dados, de forma que não foi sempre possível a visualização de todos os membros do grupo nas varreduras. O possível fator de interferência na habituação do grupo pode ter sido a pressão de caça na área, a qual pode ser considerada intensa, pois durante o estudo foram ouvidos 14 (quatorze) tiros de espingarda e 11 (onze) eventos de sons de motosserra na área. Acredita-se que essa intervenção humana na área, seja para a caça ou para a extração de madeira, possa ser ainda maior.

Coleta de dados

Disponibilidade de alimentos

As estimativas de densidade dos caranguejos semiterrestres têm sido abordadas com certa frequência na literatura (Flores, Abrantes & Paula, 2005; Wunderlich, Pinheiro & Rodrigues, 2008). Em função do modo de vida e do habitat ocupado por seus representantes, diversos métodos de amostragem têm sido avaliados para determinar com maior fidedignidade a densidade populacional (Skov & Hartnoll 2001; Skov, Vaninni, Shunula, Hartnoll & Cannicci, 2002). Skov & Hartnoll (2001) fizeram uma análise comparativa entre três métodos para a estimativa da densidade de caranguejos (contagem das galerias ou tocas, contagem binocular e escavação), verificando que a contagem direta das galerias superestimava a densidade, embora representasse melhor o tamanho populacional. Assim, o método de estimativa indireta da densidade do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) no presente estudo, pela quantificação do número de galerias/área, minimizou o viés amostral, em função da facilidade no reconhecimento das galerias (cada galeria abriga um indivíduo) desta espécie por sua morfologia externa e inclinação de 45° em relação ao sedimento (Wunderlich et al., 2008). Portanto, para avaliar a disponibilidade mensal dos caranguejos no Morro do Boi, a densidade de caranguejos da espécie *Ucides cordatus* foi estimada mediante a contagem do número total de galerias efetivamente ocupadas em uma área de 4m² durante a baixa-mar, no período de março de 2012 a março de 2013. A dimensão da área de amostragem foi considerada suficiente porque o padrão de distribuição dos caranguejos no solo do manguezal é uniforme conforme vários estudos que analisaram o padrão de distribuição e de densidade do caranguejo *Ucides cordatus* nos manguezais da região Norte e Nordeste do Brasil (Almeida & Melo, 1996; Alvez & Nishida, 2004).

O método utilizado para a contagem mensal das flores de *Rhizophora mangle* foi semelhante ao da contagem dos caranguejos, em virtude do manguezal apresentar ao longo do dia variação na maré, a qual inunda o manguezal e remove quaisquer vestígios presentes no solo. Para a coleta dos dados foi delimitada também uma área de amostragem de 4m², onde foi realizada a contagem do número de flores caídas no solo, uma vez por mês, no período de março de 2012 a março de 2013.

Para verificar as hipóteses nulas de que não existe variação sazonal (período seco x chuvoso) na disponibilidade de recursos foi utilizado o *teste t* para comparação de médias. O nível de significância foi de $p \leq 0,05$.

Evidências indiretas do uso de ferramentas de quebra, frequência de uso dos sítios de quebra e tipos de alimentos quebrados

Devido à dificuldade de habituação do grupo e de locomoção no ambiente para a melhor visualização do comportamento de quebra, foram feitos registros indiretos do uso de ferramentas de quebra, baseados na metodologia de Mannu (2002). Tais evidências eram a presença de fragmentos de itens alimentares encapsulados nas bigornas e também a presença de martelos (Figura 1). Os martelos eram pedaços de madeira destacados ou dos galhos dos mangues ou mesmo do tronco desgastado pela ação do tempo e das marés que apresentavam sinais de quebra, como desgaste e resíduos de carapaças ao lado desses fragmentos. As bigornas eram troncos de mangues caídos e raízes aéreas do mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) (Cutrim, 2013).

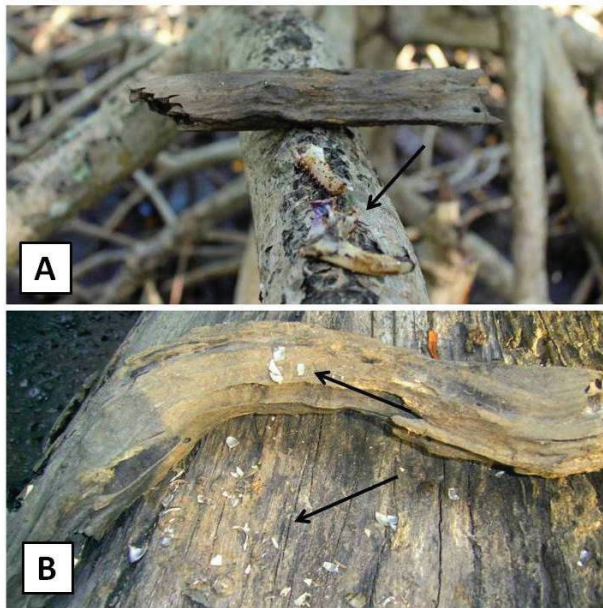


Figura 1. Evidências do uso de ferramentas pelos macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) do Morro do Boi. (A) Ocorrência de fragmentos das carapaças de caranguejos nas bigornas e (B) Ocorrência de fragmentos das carapaças de caranguejos nos pedaços de pau utilizados como martelos.

Para estimar a frequência do uso de ferramentas pelos animais, era feita a limpeza mensal dos sítios de quebra, a qual consistia na retirada total dos fragmentos de carapaças de cima das bigornas (Mannu, 2002) com o auxílio de uma escova. Por essa estimativa pudemos verificar através do teste t de Student se existiu influência da estação do ano (seca ou chuvosa) na frequência de uso dos sítios de quebra pelos macacos-prego. Para verificarmos também se existiu relação entre a frequência de utilização mensal dos sítios de quebra e a disponibilidade de alimentos encapsulados foi utilizado o teste de correlação de Spearman. O nível de significância para os testes foi de $p \leq 0,05$.

Os tipos de alimentos encontrados nos sítios de quebra também foram registrados e para verificarmos se existiu relação entre o item quebrado com o auxílio de martelos e as estações seca e chuvosa utilizamos o teste do qui-quadrado de associação, com nível de significância de $p \leq 0,05$.

Orçamento de atividades

O grupo foi acompanhado durante cinco dias por mês e as observações foram realizadas em dias de lua crescente e minguante quando foi possível a entrada e a caminhada dentro do manguezal. As observações iniciavam sempre que a maré baixava e terminavam sempre que a mesma subia, já que a locomoção era prejudicada quando a área estava inundada.

Para a amostragem das atividades diárias foi utilizado o método de varredura instantânea ou “scan-sampling” (Rímoli, 2001) a cada 10 (dez) minutos, com os indivíduos sendo amostrados por 5 (cinco) minutos. Em cada *scan* foram registrados os comportamentos dos animais, quando foi anotado o comportamento do primeiro animal observado e logo a seguir o comportamento do indivíduo mais próximo a este e assim sucessivamente. O scan permitiu analisarmos o tempo despendido pelos animais para cada uma de suas atividades e verificarmos se houve relação entre as atividades diárias e a frequência de uso de ferramentas e a disponibilidade alimentar. Os comportamentos registrados foram:

- 1) Forrageio: quando o animal investigava o ambiente em busca de alimento, observando a área ao redor;

- 2) Ingestão: quando o animal engolia o alimento e a possível identificação do item alimentar que foi consumido. Alimento de origem vegetal ou alimento de origem animal;
- 3) Repouso: quando o animal estivesse deitado;
- 4) Deslocamento: quando o animal deslocava-se de um ponto a outro;
- 5) Interação social: quando dois ou mais animais interagiam entre si, podendo executar a catação (inspeção ou limpeza do pelo com as mãos ou a boca), a brincadeira social (interação social não agonística podendo envolver corridas, perseguição, mordidas, tapinhas ou apenas toques) e o agonismo.

Como o número de indivíduos observados a cada amostra de varredura variou pela diminuição da coesão do grupo durante o forrageio e devido também à dificuldade de habituação do grupo, as amostras foram normalizadas pelo número de animais visualizados a cada varredura, conforme Izar e Resende (2007). A proporção normalizada das amostras foi calculada mensalmente. Para verificarmos se existiu relação entre o orçamento de atividades e a frequência de utilização mensal dos sítios de quebra e também em relação à disponibilidade de alimentos, testes de correlação de Spearman foram utilizados, com nível de significância de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Disponibilidade de alimentos

Em relação à disponibilidade de caranguejos *Ucides cordatus*, o número de tocas/m² não variou significativamente ao longo dos meses e, por isso, não encontramos nenhuma diferença significativa entre as estações seca e chuvosa ($t = 0,4250$; $p = 0,3343$) (Figura 2). A densidade média de caranguejos no Morro do Boi ao longo dos 13 meses foi de 5,4 tocas/m².

A disponibilidade da flor de *Rhizophora mangle* variou entre os meses (Figura 2). Houve diferença significativa entre as estações seca e chuvosa ($t = 2,8962$; $p = 0,0169$), sendo que na estação chuvosa a disponibilidade de flor foi maior que na estação seca (**estação chuvosa**: média = 15,87; $dp = 4,7$; **estação seca**: média = 7,48; $dp = 3,2$).

Evidências indiretas do uso de ferramentas de quebra, frequência de uso e tipos de alimentos encontrados nos sítios de quebra

O número de sítios de quebra utilizados pelos macacos-prego variou mensalmente ao longo do período, sendo encontrados mais sítios com vestígios de quebra nos meses de agosto (N= 13) novembro (N = 14) e menos nos meses de março e maio (N = 4). Não houve diferença significativa na frequência de uso dos sítios de quebra entre as estações seca e chuvosa, embora as maiores frequências mensais de uso de sítios de quebra tenham ocorrido na estação seca e as menores na chuvosa.

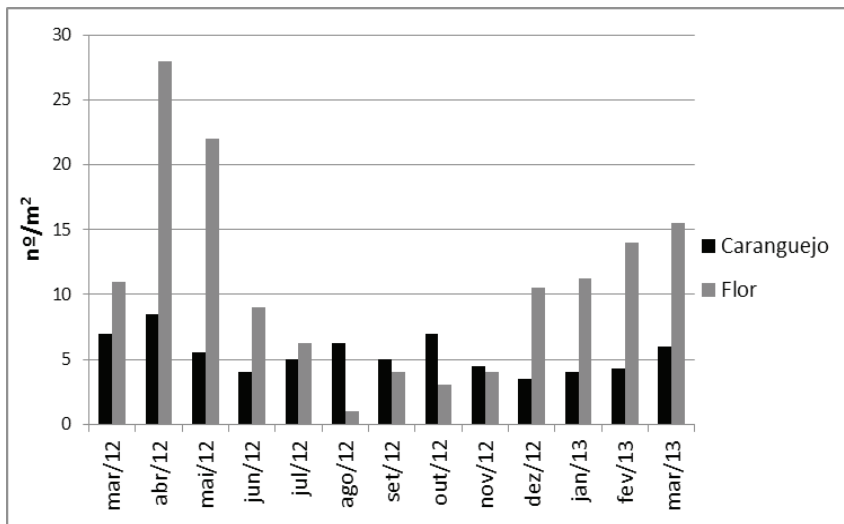


Figura 2. Disponibilidade de caranguejos *Ucides cordatus* e flores de *Rhizophora mangle* no Morro do Boi no período de março de 2012 a março de 2013.

Não houve correlação significativa entre a disponibilidade de recursos encapsulados e a frequência de uso dos sítios de quebra.

Em relação ao tipo de alimento encontrado nos sítios de quebra, houve maior frequência de sítios com vestígios de quebra de gastrópodes, turus e outros bivalves na estação seca em comparação com os meses da estação chuvosa ($\chi^2 = 13,57186$; $p = 0,0002$). Em relação ao item caranguejo, não houve diferença significativa entre as estações ($\chi^2 = 0,655360$ $p = 0,79795$) (Figura 3).

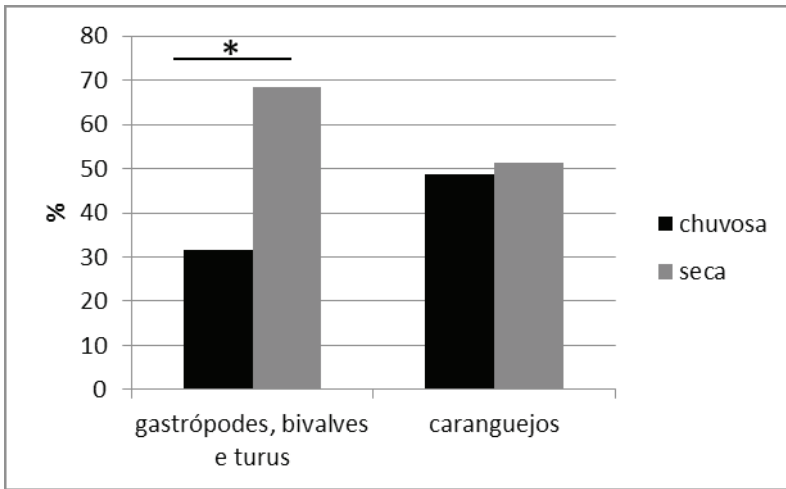


Figura 3. Tipo de alimento encapsulado encontrado nos sítios de quebra nas estações seca e chuvosa no Manguezal do Morro do Boi no período de março de 2012 a março de 2013.

Orçamento de atividades

Ao longo dos 13 meses de observação do grupo Morro do Boi foram totalizadas 506 horas de esforço de campo e destas, 294 horas foram de contato direto com o grupo que resultaram em um registro de 1764 varreduras.

A proporção de cada atividade no orçamento dos macacos variou mensalmente ao longo do estudo (Figura 4). Do total de observações, o grupo passou 61,6% do tempo forrageando e 13,18% do tempo em deslocamento. O tempo despendido para a alimentação foi de 12,23%, sendo 10,83% de ingestão de recursos vegetais e 1,4% de ingestão animal. A interação social e repouso representaram 8,32% e 4,67% dos registros, respectivamente.

Não houve correlação entre o orçamento de atividades e a disponibilidade de recursos alimentares (caranguejos e flores) e nem com a utilização dos sítios de quebra.

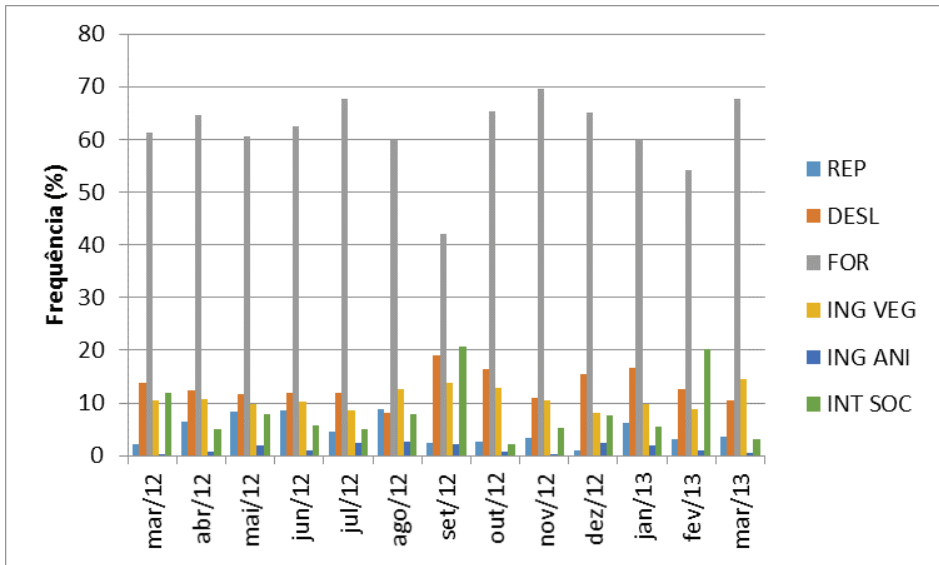


Figura 4. Orçamento de atividades dos macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) do Morro do Boi no período de março de 2012 a março de 2013 (REP: repouso; DESL: deslocamento; FOR: forrageio; ING VEG: ingestão vegetal; ING ANI: ingestão animal; INT SOC: interação social).

DISCUSSÃO

Disponibilidade de alimento

A disponibilidade de alimentos na área de estudo variou ao longo dos meses, sendo que apenas em relação às flores de *Rhizophora mangle* houve influência da estação do ano, pois a disponibilidade deste recurso sofreu influência direta da precipitação e da umidade (Cutrim, 2013). A disponibilidade de recursos vegetais nas florestas de mangue em áreas tropicais sofre influência dos fatores climáticos, principalmente da precipitação que limita a fenologia das espécies (Fernandes, 1999; Mehlig, 2006; Nadia, Morellatto & Machado, 2012). Segundo um estudo sobre a fenologia reprodutiva de manguezais no Nordeste do Brasil, os mangues da espécie *Rhizophora mangle* apresentam floração o ano todo, porém exibem um padrão sazonal significativo no pico de floração que se dá na estação chuvosa (Nadia et al., 2012). Além desse estudo, outros estudos

realizados em florestas de mangue em diversas localidades do Brasil reforçam que o padrão de floração de *Rhizophora mangle* é contínuo e que o pico de floração está relacionado com a estação chuvosa (Fernandes, 1999; Mehlig, 2006).

Os recursos animais encapsulados (caranguejos) estiveram disponíveis tanto na estação seca quanto na chuvosa, sem sofrer influência da sazonalidade. Além disso, a densidade média de caranguejos na área seguiu o padrão encontrado nos manguezais brasileiros situados na zona equatorial (Almeida & Melo, 1996; Alvez & Nishida, 2004). Segundo Sastry (1983), os crustáceos podem se reproduzir durante todos os meses do ano (padrão contínuo) ou apenas durante os meses de condições ambientais mais favoráveis (padrão descontínuo ou sazonal). Os resultados mostraram que durante o período da pesquisa, os macacos-prego não sofreram nenhuma redução significativa nos recursos alimentares, pois os caranguejos estiveram sempre disponíveis, assim como outros recursos incluídos na sua dieta, como os propágulos do mangue (Cutrim, 2013).

Evidências indiretas do uso de ferramentas de quebra, frequência de uso e tipos de alimentos encontrados nos sítios de quebra

Sapajus libidinosus do Morro do Boi utiliza martelos para a quebra de crustáceos e moluscos (dos Santos, 2010), porém este não foi um comportamento observado no orçamento de atividades do grupo. Ainda assim, foi possível avaliar, por meio de registros indiretos, que os macacos-prego utilizaram bigornas e martelos durante todo o período da pesquisa. Nossa hipótese de que os indivíduos utilizariam com maior frequência os martelos para acessar recursos animais encapsulados no período do ano em que os recursos vegetais estão escassos não foi confirmada.

Como não houve diferença significativa entre a frequência de uso dos sítios de quebra entre as estações seca e chuvosa, podemos afirmar que a expressão do comportamento de uso de ferramentas pelos macacos-prego do Morro do Boi está de acordo com a hipótese da oportunidade (van Schaik et al., 1999; van Schaik & Knott, 2001; van Schaik, Fox & Fechtman, 2003; Fox, van Schaik, Sitompul & Wright, 2004). Porém, a frequência de quebra dos diferentes tipos de animais encapsulados revela um resultado paradoxal.

A frequência de sítios de quebra com vestígios de caranguejos, que apresentam mais proteínas e minerais que os demais itens alimentares encontrados no manguezal (Son, 2003), não variou ao longo do ano. Mas a frequência dos sítios com vestígios de quebra dos recursos com maior relação custo/benefício de extração, como gastrópodes, bivalves e turus, aumentou significativamente no período seco (julho a dezembro) em comparação com os meses da estação chuvosa. Assim, quando os recursos vegetais estiveram em menor disponibilidade na área, os macacos-prego investiram na quebra dos alimentos encapsulados, inclusive de gastrópodes e bivalves, que são recursos menores que os caranguejos e que demandam maior gasto de energia para a sua quebra, visto que o uso de martelos nesse caso parece ser obrigatório (dos Santos, 2010). Essa estratégia apresentada pelos macacos-prego do Morro do Boi pode ser explicada pelo consumo de alimentos alternativos como forma de complementar a dieta em períodos de diminuição de recursos alimentares.

O consumo de recursos alternativos quando os alimentos preferidos estão escassos é uma característica dos macacos-prego e caiararas (Taira, 2007; Izar et al., 2012; Mosdossy, 2013). Entende-se por alimento preferido aquele tipicamente sazonal (nem sempre disponível no ambiente), de alta qualidade, ou seja, com grande concentração de nutrientes, e facilmente processado, como por exemplo, os frutos (Marshall & Wrangham, 2007; Marshall, Boyko, Feilen, Boyko & Leighton, 2009). O alimento alternativo (“fallback food”) constitui uma grande parte da dieta durante períodos de baixa abundância do alimento preferido (Harrison & Marshall, 2011; Marshall & Wrangham, 2007) e é muitas vezes uniformemente distribuído, mas de difícil processo e geralmente de baixa qualidade. Porém, alguns podem apresentar boa qualidade e bom retorno energético, complementando a dieta juntamente com os alimentos preferidos (Marshall & Wrangham, 2007). A dificuldade de processamento de um alimento alternativo muitas vezes pode selecionar adaptações morfológicas ou comportamentais, como o forrageio extrativo e o uso de ferramentas (Marshall & Wrangham, 2007; Taira, 2007; Makedonska, Wright & Strait, 2012).

Para *S. nigritus*, durante os períodos de escassez de frutos a dieta é dominada pelo recurso disponível, como as bromélias (Brown & Zunino, 1990).

O mesmo já foi observado em *S. nigritus* no Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), onde os macacos-prego estão sujeitos a uma baixa disponibilidade de frutos ao longo do ano, principalmente na estação seca. Neste caso, os macacos-prego do PECB consomem como alimentos alternativos, as bromélias (Taira, 2007; Peternelli-dos-Santos, 2009; Izar et al., 2012), que são recursos abundantes durante todo o ano, incluindo o período de escassez de frutos (Mosdossy, 2013) e o pecíolo da folha da palmeira *Euterpe edulis* (Taira, 2007). Nos caia-raras (*C. capucinus*) também foi observado o maior consumo de bromélias em relação aos invertebrados no período de escassez geral de recursos alimentares e Mosdossy (2013) sugere que as bromélias funcionam como recurso alternativo na ausência dos alimentos preferidos. No Morro do Boi, nossos resultados parecem seguir essa mesma linha de raciocínio. A razão dos macacos-prego terem aumentado, na estação seca, o consumo de recursos menores e com maior relação custo/benefício do que os caranguejos pode ser a disponibilidade de gastrópodes e bivalves no solo do manguezal e nas raízes aéreas do mangue e também pela baixa mobilidade dessas presas. O caranguejo, por sua vez, apresenta maior mobilidade e, além disso, só sai da toca para se alimentar e reproduzir (Wunderlich, Pinheiro & Rodrigues, 2008). Assim, para a sua captura é necessário que o macaco espere a presa sair da toca, o que reduz seu tempo disponível para alimentação e outras atividades, ou desça ao solo e introduza um braço na toca para sua busca, o que também gasta tempo e aumenta sua vulnerabilidade aos predadores. Portanto, o consumo de presas com menor retorno energético e que necessitam do uso de martelos para a sua obtenção quando os demais alimentos estão escassos ou demandam estratégias de forrageio complexas, indica que os macacos-prego do Morro do Boi utilizaram os martelos para complementar a dieta.

Os resultados obtidos revelaram que no Morro do Boi, os macacos-prego não estiveram expostos à escassez de alimentos durante o período do estudo, apenas a uma variabilidade periódica na disponibilidade dos recursos vegetais e que o uso de martelos ocorreu de modo oportunista, ratificando a hipótese da oportunidade.

Orçamento de atividades

Segundo Fragaszy, Visalberghi & Fedigan (2004), primatas que vivem em ambientes onde a disponibilidade dos recursos varia tendem a ajustar suas atividades diárias de acordo com a influência dos fatores sazonais. O manguezal do Morro do Boi se encontra em uma área com variações climáticas bem marcadas durante o ano, ou seja, metade do ano é marcada por um período bastante chuvoso e a outra metade por um período bem seco que afetou a disponibilidade de flores.

Nossa hipótese de que o tempo despendido nas diversas atividades diárias estaria correlacionado com a frequência de uso dos sítios de quebra e com a disponibilidade alimentar não foi confirmada pelos nossos resultados. Diferentemente, os macacos-prego (*S. nigritus*) do Parque Estadual Carlos Botelho (PECB) apresentaram diferenças entre as estações seca (inverno) e chuvosa (verão) no padrão de forrageio e deslocamento em virtude da sazonalidade alimentar, aumentando o forrageio de recursos alternativos na estação seca e o deslocamento em busca de fontes ricas, como os frutos, na estação chuvosa (Paternelli-dos-Santos, 2009; Izar et al., 2012). Como no Morro do Boi os macacos não sofreram com a escassez do principal recurso alimentar, a disponibilidade de flores e caranguejos não afetou o orçamento de atividades nem a frequência de quebra nos sítios.

O presente estudo buscou informações a respeito do uso de ferramentas de quebra por macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) que vivem em um fragmento de Manguezal como forma de enriquecer o conhecimento a respeito da flexibilidade e adaptabilidade dessa espécie. Os resultados obtidos contribuem para o aumento do conhecimento sobre a espécie dentro de um contexto comparativo com populações de *Sapajus libidinosus* que vivem em outras condições ecológicas. O estudo abre novos questionamentos sobre a ecologia dessa espécie em florestas de mangue e sobre a importância do uso de ferramentas de quebra para a obtenção de alimento de origem animal em um ambiente sazonal, tornando necessária a execução de novos estudos para ampliar e aprimorar o conhecimento da Primatologia Brasileira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPESP nº 2010/51455-0 pelo apoio financeiro e às pessoas que ajudaram direta e indiretamente na execução deste trabalho, em especial ao Nalberto e família e ao Marcílio pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- Almeida, L. F. & Mello, C. F. (1996). Estudo preliminar da biologia e ecologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda, Brachyura), no Município de Curuçá (PA) - Uma contribuição ao manejo de recursos em áreas de manguezais. In: *Anais da 3ª Reunião Especial da SBPC, Ecossistemas Costeiros: do conhecimento à gestão*, Florianópolis, SC. p. 499.
- Alvez, R. R. N & Nishida, A. K. (2004). Population structure of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Decapoda; Brachyura) in the estuary of the Mamanguape River, Northeast Brazil. *Tropical Oceanography*. Recife, v. 32, n 1, p. 23-37.
- Brown, A. D. & Zunino, G. E. (1990). Dietary variability in *Cebus apella* an extreme habitats: evidence for adaptability. *Folia Primatologica*, 54(3-4):187-195.
- Canale, G. R.; Guidorizzi, C. E.; Kierulff, M. C. M. & Gatto, C. A. F. R. (2009). First record of tool use by wild populations of the yellow-breasted capuchin monkey (*Cebus xanthosternos*) and new records for the bearded capuchin (*Cebus libidinosus*). *American Journal of Primatology*, 71: 1-7.
- Cutrim, F. H. R. (2013). *Padrão comportamental e uso de ferramentas em macacos-prego (Sapajus libidinosus) residentes em manguezal*. Tese de Doutorado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- dos Santos, R. R. (2010). *Uso de ferramentas por macacos-prego em manguezais*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 107f.
- Emidio, R. A. & Ferreira, R. G. (2012). Energetic Payoff of Tool Use for Capuchin Monkeys in the Caatinga: Variation by Season and Habitat Type. *American Journal of Primatology*. 74:332-343.
- Fernandes, M. E. B. (1991). Tool Use and Predation of Oysters (*Crassostrea rhizophorae*) by the Tufted Capuchin, *Cebus apella apella*, in Brackish Water Mangrove Swamp. *Primates*, 32(4):529-531.
- Fernandes, M. E. B. (1999). Phenological patterns of *Rhizophora L.*, *Avicennia L.*, and *Laguncularia* in Amazonian mangrove swamps. *Hydrobiologia*, 413:53-62.
- Ferreira, R. G., Lee, P. C. & Izar, P. (2008). Food competition in a semi-free-ranging *Cebus apella* group. *Folia Primatologica*, 79:463-475.

- Ferreira, R. G.; Emidio, R. A. & Jerusalinsky, L. (2010). Three stones for three seeds: natural occurrence of selective tool use by capuchins (*Cebus libidinosus*) based on an analysis of the weight of stones found at nutting sites. *American Journal of Primatology*, 72(3): 270-275.
- Flores, A. V. V.; Abrantes, K. G. & Paula, J. (2005). Estimating abundance and spatial distribution patterns of the bubble crab *Dotilla fenestrata* (Crustacea, Brachyura). *Austral Ecology*. 30 (1): 14-23.
- Floriani, D. C.; Fernandes-Pinto, E. & Fukuda, J. C. (2004). Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses: o maior campo de dunas costeiras da América do Sul. *Gerenciamento Costeiro Integrado*, v. I, p. 62-64.
- Fragaszy D. M.; Visalberghi, E. M. & Fedigan, L. M. (2004). *The complete capuchin: the biology of the genus Cebus*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fox, E. A., van Schaik, C. P., Sitompul, A. & Wright, D. N. (2004). Intra and interpopulational differences in orangutan (*Pongo pygmaeus*) activity and diet: implications for the invention of tool use. *American Journal of Physical Anthropology*. 125: 162-174.
- Harrison, M. E. & Marshall, A. J. (2011). “Strategies for the Use of Fallback Foods in Apes.” *International Journal of Primatology*. 32 (3): 531–565.
- IBAMA. (2003). *Plano de manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses*. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. São Luís, MA. 499p.
- Isbell, L. A. & Young, T. P. (1993). Social and ecological influences on activity budgets of vervet monkeys, and their implications for group living. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 32: 377-385.
- Izar, P. & Resende, B. D. (2007). Métodos para o estudo do comportamento de primatas em vida livre. *Lógicas Metodológicas: trajetos de pesquisa em psicologia* (Org. Maria Margarida Pereira Rodrigues & Paulo Rogério Meira Menandro). Vitória – UFES, PP. 93-117.
- Izar, P.; Verderane, M. P.; Peternelli-dos-Santos, L.; Mendonça-Furtado, O.; Presotto, A.; Tokuda, M. et al. (2012). Flexible and Conservative Features of Social Systems in Tufted Capuchin Monkeys: Comparing the Socioecology of *Sapajus libidinosus* and *Sapajus nigritus*. *American Journal of Primatology*, 73:1–17.
- Koops, K.; Visalberghi, E. & van Schaik, C. P. (2014). The ecology of primate material culture. *Biol. Lett.* 10: 20140508. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2014.0508>
- Makedonska, J.; Wright, B. W. & Strait, D. S. (2012). “The Effect of Dietary Adaption on Cranial Morphological Integration in Capuchins (Order Primates, Genus Cebus).” Edited by Sharon Gursky-Doyen. *PLoS ONE* 7 (10) (October 26): e40398.

- Mannu, M. (2002). O uso espontâneo de ferramentas em um grupo de macacos-prego em condições de semi liberdade: descrição e demografia. Dissertação (Mestrado em Psicologia (Psicologia Experimental) - Universidade de São Paulo.
- Marshall, A. J. & Wrangham, R. W. (2007). "Evolutionary Consequences of Fallback Foods." *International Journal of Primatology*. 28 (6): 1219–1235.
- Marshall, A. J.; Boyko, C. M.; Feilen, K. L.; Boyko, R. H. & Leighton, M. (2009). "Defining Fallback Foods and Assessing Their Importance in Primate Ecology and Evolution." *American Journal of Physical Anthropology* 140 (4): 603–614.
- Mehlig, U. (2006). Phenology of the red mangrove, *Rhizophora mangle* L., in the Caeté Estuary, Pará, equatorial Brazil. *Aquat. Bot.* 84:158-164.
- Menezes, M. P. M; Berger, U. & Mehlig, U. (2008). Mangrove vegetation in Amazonia: a review of studies from coast of Pará and Maranhão states, north Brazil. *Acta Amazonica*, 38:403-420.
- Mosdosy, K. N. (2013). *Insect Abundance In Relation To Capuchin (Cebus capucinus) Foraging: Fallback Foods In A Costa Rican Tropical Dry Forest*. Dissertation of Master's degree. University of Calgary. Calgary, Alberta. 112p.
- Moura, A. C. A. (2004). *The capuchin monkey and the Caatinga dry forest: a hard life in harsh habitat*. Tese de doutorado. University of Cambridge, Cambridge (UK).
- Moura, A. C. A. & Lee, P. (2004). Capuchin stone tool use in Caatinga dry forest. *Science*, 306:1909.
- Nadia, T. L.; Morellatto, L. P. C. & Machado, I. C. (2012). Reproductive phenology of a northeast Brazilian mangrove community: Environmental and biotic constraints. *Flora*, 207:682-692.
- Ottoni, E. B. & Izar, P. (2008). Capuchin Monkey Tool Use: Overview and Implications. *Evolutionary Anthropology*, 17:171-178.
- Paternelli-dos-Santos, L. C. (2009). *Diferenças sexo/etárias no forrageamento de Cebus nigrinus em Área de Mata Atlântica*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Resende, B. D. (2004). *Ontogenia de comportamentos manipulativos em um grupo de macacos-prego (Cebus apella) em situação de semiliberdade*. Tese de Doutorado, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Rímoli, J. (2001). *Ecologia de macacos-prego (Cebus apella nigrinus, Goldfuss, 1809) na Estação Biológica de Caratinga (MG): Implicações para a conservação de fragmentos de Mata Atlântica*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Pará.

- Sastry, A. N. (1983). Ecological aspects of reproduction. In: W. B. Vernberg (ed.), *The biology of Crustacea: environment adaptations*. 8: 179-270 (Academic Press, New York).
- Sirianni, G. & Visalberghi, E. (2013). Wild Bearded Capuchins Process Cashew Nuts Without Contacting Caustic Compounds. *American Journal of Primatology*. 75:387-393.
- Skov, M. W. & Hartnoll, R. G. (2001). Comparative suitability of binocular observation, burrow counting and excavation for the quantification of the mangrove fiddler crab *Uca annulipes* (H. Milne Edwards). *Hydrobiologia*. 449: 201-212.
- Skov, M. W.; Vaninni, M.; Shunula, J. P.; Hartnoll, R. G. & Cannicci, S. (2002). Quantifying the density of mangrove crabs: Ocypodidae and Grapsidae. *Marine Biology*. 141 (4): 725-732.
- Son, V. D (2003). Diet of *Macaca fascicularis* in a Mangrove Forest, Vietnam. *Laboratory Primate Newsletter*. Vol 42, n 4:1-5.
- Souto, A; Bione, C. B. C.; Bastos, M.; Bezerra, B. M.; Fragaszy, D. & Schiel, N. (2011). Critically endangered blond capuchins fish for termites and use new techniques to accomplish the task. *Biology Letters*. doi: 10.1098/rsbl.2011.0034.
- Spagnoletti, N.; Visalberghi, E.; Ottoni, E.; Izar, P. & Fragaszy, D. (2011). Stone tool use by adult wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*). Frequency, efficiency and tool selectivity. *Journal of Human Evolution*, 61:97 - 107.
- Spagnoletti, N.; Visalberghi, E.; Verderane, M. P.; Ottoni, O.; Izar, P. & Fragaszy, D. (2012). Stone tool use in wild bearded capuchin monkeys, *Cebus libidinosus*. Is it a strategy to overcome food scarcity? — *Animal Behavior*, 83: 1285-1294.
- Taira, J. T. (2007). *Consumo do palmito Juçara (Euterpe edulis) por macacos-prego (Cebus nigritus): Estratégia de forrageamento ótimo ou requinte de um gourmet?* Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Psicologia de São Paulo.
- van Schaik, C. & Knott, C. D. (2001). Geographic variation in tool use on *Neesia* fruits in Orangutans. *American Journal of Physical Anthropology*. 11: 331-342.
- van Schaik, C. P.; Fox, E. A. & Fechtman, L. T (2003). Individual variation in the rate of use of tree-hole tools among wild orangutans: implications for hominin evolution. *Journal of Human Evolution*. 44 (1): 11 - 23.
- 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.
- Verderane, M. P.; Izar, P.; Visalberghi, E. & Fragaszy, D. M. (2013). Socioecology of wild bearded capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*): an analysis of social

relationships among female primates that use tools in feeding. *Behaviour*. 150: 659–689.

Visalberghi, E. (1990). Tool use in *Cebus*. *Folia Primatologica*, 54: 146-154.

Wunderlich, A. C.; Pinheiro, M. A. A. & Rodrigues, A. M. T. (2008). Biologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Crustacea: Decapoda: Brachyura), na Baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 25 (2): 188–198.

CAPÍTULO 9

Comportamento alimentar e padrão de atividades de macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) provisionados no Parque Nacional de Brasília, DF.

Thalita Siqueira Sacramento, Francisco Dyonísio Cardoso Mendes, Marcelo Kuhlmann Peres & Maria Clotilde Henriques Tavares.

RESUMO

Macacos-prego possuem um alto grau de flexibilidade comportamental e sobrevivem em ambientes antropizados modificando seus padrões comportamentais. O Parque Nacional de Brasília (PNB) abriga dois grupos de *Sapajus libidinosus* que habitam a região de mata de galeria próxima à área de visitação do PNB. O objetivo do presente estudo foi reavaliar a população de macacos-prego do PNB, e a influência antrópica sobre seu orçamento de tempo e dieta, ao longo do tempo. Um dos grupos foi acompanhado de novembro/2012 a agosto/2013. Dados comportamentais foram coletados a cada 15 minutos por amostras de “varredura instantânea” com duração de 5 minutos. O orçamento de atividades do grupo de estudo foi similar ao de outros grupos de *Sapajus libidinosus*, e os animais gastaram apenas 1,2% do tempo interagindo com humanos. O grupo consumiu mais recursos naturais e complementou sua dieta com alimentos antrópicos. Foi registrado o consumo de recursos vegetais de 34 espécies, sendo 85% de frutos zoocóricos. Assim como outros grupos selvagens de *Sapajus libidinosus*, o grupo estudado possui uma dieta flexível, com uma maior proporção de consumo de frutos e insetos, porém diferentemente de grupos selvagens parecem substituir o consumo de insetos por alimentos antropogênicos.

Palavras-chave: ecologia comportamental, orçamento de atividades, influência antrópica.

ABSTRACT

Capuchin monkeys display a high degree of behavioral flexibility and survive in environments under strong anthropic influence through changes in their behavioral patterns. The Parque Nacional de Brasília (PNB) currently holds two groups of *Sapajus libidinosus* that inhabit patches of gallery forest near swimming pools. The objective of the present study was to analyze the capuchin monkey population of PNB and the anthropic influence on their behaviors along the time. One of the two groups was followed from November 2012 to August 2013. Behavioral data were collected through scan samplings of 5 minutes of duration and 10 minutes of interval. The group's activity budget was similar to those of other groups of *Sapajus libidinosus*, and the animals spent only 1,2% of their time budget interacting with humans. The group consumed more natural resources and complemented their diet with anthropogenic food. Natural items of 34 plant species were consumed, 85% of which consisted of zoocoric fruits. Like other groups of *Sapajus libidinosus*, the study group has a flexible diet with a high proportion of fruits and insects, but seems to replace the consumption of insects for antropogenic food.

Keywords: behavior ecology, activity budget, anthropic influence.

INTRODUÇÃO

Com a urbanização de diversos ambientes e o crescimento acelerado da população humana, as espécies selvagens estão perdendo seus habitats naturais e tornando-se cada vez mais restritas a pequenos fragmentos de ecossistemas [MMA, 2003; Sabbatini *et al.*, 2006]. Espécies que possuem uma dieta variada e comportamentos flexíveis podem se ajustar melhor às alterações antrópicas do ambiente natural, mudando seus padrões comportamentais frente às novas pressões ambientais [Sabbatini *et al.*, 2008 e Lowry *et al.*, 2013].

No caso dos primatas, em particular os do Velho Mundo, vários trabalhos mostram que a influência antrópica pode alterar o orçamento de atividades, principalmente nos comportamentos de forrageio e repouso [Strum, 2010 – *Papio* sp.; Campbell-Smith *et al.*, 2011 – *Pongo abelli*]. Com a ingestão de

alimentos antrópicos, as necessidades energéticas seriam mais rapidamente atingidas e a necessidade de procura por alimentos diminuiria [Saj, 1999]. Com a diminuição do forrageio, os animais tenderiam a substituir suas atividades por outras como descanso e socialização [Orans, 2002; Hockings, 2007; Jaman & Huffman, 2012]. Por outro lado, alimentos antrópicos comumente apresentam alto nível calórico, e podem acarretar o aumento dos níveis de glicose e colesterol dos animais [Saito *et al.*, 2010].

Macacos-prego (gênero *Cebus* e *Sapajus*) são conhecidos por sua flexibilidade comportamental e capacidade de se adaptar a diferentes ambientes, o que lhes permite uma ampla distribuição pelo continente americano, desde a América Central, até o sul da América do sul [Silva Junior, 2001; Fragaszy *et al.*, 2004]. Em termos de alimentação, são preferencialmente frugívoros-insetívoros, apesar de acessarem diversas fontes alternativas em períodos de escassez de frutos [Robinson & Janson, 1987; Fragaszy *et al.*, 2004]. A dieta variada e a capacidade de incluir fontes alternativas atenuam a competição intra e inter-específica, possibilitando a ocupação de diferentes habitats [Brown & Zunino, 1990; Bicca Marques *et al.*, 2006].

Grupos de macacos-prego frequentemente convivem com humanos e com eles interagem na busca por alimentos, recebendo muitas vezes produtos industrializados [Mendes *et al.*, 2005; Sabbatini *et al.*, 2008]. Há uma aparente variação na influência deste convívio com humanos no comportamento destes animais. Estudos realizados no estado de Goiás indicam que ele pode ter impactos negativos, como por exemplo, o aumento da competição entre os macacos e de situações conflituosas entre as duas espécies [Camargo, 2007; Lousa, 2013], possivelmente em função de uma crescente dependência dos animais pelos alimentos providos [Rocha, 2004]. Em Anápolis, os conflitos escalaram quando a oferta de alimentos antrópicos diminuiu drasticamente, gerando altos custos para as duas espécies: crianças e adultos foram mordidos por macacos, e macacos agredidos com paus até que foram retirados do Parque e translocados para áreas naturais, sem nenhum planejamento [Martins, 2005]. Trabalhos anteriores realizados no mesmo local do presente estudo, o Parque Nacional de Brasília (PNB) [Sabbatini *et al.*, 2006 e 2008], relataram que os visitantes do PNB frequentemente oferecem alimentos aos macacos-prego, e os animais modificam seus padrões de busca por alimento além de reduzirem sua área de uso, na presença de humanos.

Em contraste com estes estudos, macacos-prego em outras áreas antropizadas alimentaram-se principalmente de frutos e insetos naturais, de forma semelhante à de grupos selvagens, e apenas complementaram sua dieta com alimentos diretamente fornecidos ou roubados de lavouras [Freitas *et al.*, 2008; Mckinney, 2011]. Nestes locais, os alimentos antrópicos funcionariam como fonte alternativa em períodos de diminuição dos recursos naturais.

Os resultados divergentes de pesquisas prévias mostram a necessidade de novos estudos comparativos com macacos-prego que habitam áreas antropizadas, não só para uma melhor definição do espectro de sua variação comportamental, como também para a compreensão de quais fatores ambientais a ela estão associados. Com o intuito de reavaliar a população de macacos-prego do PNB, e a influência antrópica sobre seus comportamentos ao longo do tempo, analisamos a composição da dieta e o orçamento de tempo do mesmo grupo estudado anteriormente por Sabbatini *et al.* em 2008. Dessa forma, predizemos que o grupo estudado utilizaria os alimentos antrópicos como principal fonte de alimento e conseqüentemente substituiria parte do tempo gasto com forrageio, por descanso e interação social. Predizemos também, que o grupo estudado apresentaria um orçamento de tempo discrepante em relação a outros grupos de *Sapajus libidinosus* sem influência antrópica.

MÉTODOS

O Parque Nacional de Brasília (PNB) é uma unidade de conservação integral do Cerrado, com 46.230 hectares ocupados pelas diversas fitofisionomias deste bioma, e que prevê em seu plano de manejo uma área de visitação pública de uso sustentável. O clima é quente e semi-úmido, com uma estação seca que dura de 4 a 5 meses. A área de visitação, conhecida como “Água Mineral”, possui duas piscinas de águas naturais, trilhas e lanchonetes, e recebe intensa visitação para fins de lazer. Atualmente, são encontrados dois grupos de macacos-prego (*Sapajus libidinosus*) que habitam um fragmento de mata de galeria próximo à área de visitação no PNB. Estes grupos possuem acesso a duas fontes de recursos alimentares, a mata de galeria que oferta recursos naturais e a área de uso público do PNB que permite o acesso a alimentos antropogênicos. No início da coleta, o grupo estudado era composto por 8 indivíduos: 3 fêmeas adultas, 2 machos adultos, 2 jovens

e um filhote. O grupo diminuiu para seis indivíduos após 3 meses de coleta, com o desaparecimento de uma fêmea e um macho, ambos adultos.

A coleta sistemática foi realizada entre novembro/2012 e agosto/2013 com observações semanais em 4 dias consecutivos (quarta-sábado) entre 6:30 e 18:00, totalizando 711 horas de observação. Dados comportamentais foram coletados a cada 15 minutos por amostras de “varredura instantânea” com duração de 5 minutos. Registrava-se, em cada varredura, a localização (área de visitação ou mata de galeria) e o comportamento de cada indivíduo localizado. As categorias comportamentais registradas foram: repousar- animal parado sem realizar nenhuma outra atividade; deslocar- indivíduo movendo-se vertical ou horizontalmente em relação ao substrato; alimentar- inclui as atividades de forragear: indivíduo explorando substrato com a mão e/ou boca e comer: indivíduo consumindo alimentos (i.e. mordendo, mastigando); interagir socialmente- indivíduo interagindo com outros membros do grupo (i.e. brincadeira, catação, etc); interagir com humanos- indivíduo aproximando-se, obtendo alimento, ameaçando ou roubando humanos.

No caso do indivíduo em comportamento “alimentar”, registrava-se também os itens alimentares envolvidos (i.e. fruto, inseto, flor, etc), e se este item havia sido obtido na mata ou através de aprovisionamento. No caso específico de consumo de itens vegetais oriundos da mata de galeria, a fonte era marcada com fitas numeradas, e posteriormente identificada por um colaborador do Departamento de Botânica da Universidade de Brasília, *in locus*.

O programa SPSS v 20.0 foi utilizado em todos os procedimentos estatísticos. Assim como Verderane [2010] para a maior parte das análises de composição da dieta consideramos a proporção de itens registrados quando o animal estava em comportamento “alimentar” que seriam as subcategorias “comer” e “forragear” juntas. Já que a distinção entre os dois comportamentos de alimentação pode ser bastante difícil principalmente no caso de insetos.

Os itens foram divididos primeiramente em duas categorias (naturais *vs* antropogênicos). Posteriormente, os alimentos foram analisados separadamente, sendo os itens naturais classificados em invertebrados, frutos, flores, pecíolos, sementes e vertebrados. Os itens antropogênicos foram classificados em cinco categorias adaptadas de Sabbatini *et al.* [2008]: bebida humana, doces, lanches, frutas exóticas e comida humana (todos os itens antropogênicos não identificados, como alimento roubado de lixeiras, ou rapidamente ofertados).

RESULTADOS

Orçamento de tempo

Durante os dez meses de coleta de dados, os membros do grupo passaram boa parte do tempo engajados em “comportamento alimentar” (44,1% das amostras de varredura; “comer” = 16,6% e “forragear” = 27,4%) (Figura 1). A categoria comportamental específica mais registrada foi “deslocamento” (37,1%), seguida de “interação social” (9,99%) e “repouso” (7,64%). A atividade com menor número de registros foi “interação com humanos” que ocupou, em média, apenas 1,2% dos registros de cada amostra de varredura.

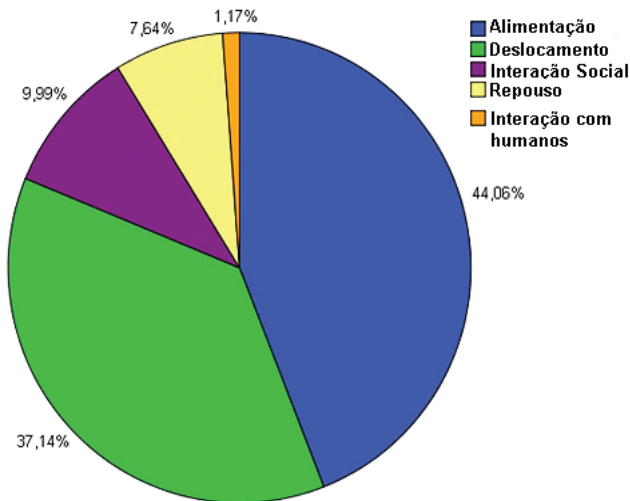


Figura1. Orçamento geral de atividades do grupo de macacos-prego do PNB, entre os meses de novembro de 2012 e agosto de 2013.

Comportamento Alimentar

Do total de registros de “comportamento alimentar” ($n = 4724$), 78% referem-se à busca e consumo de itens naturais, e 22% à de itens antropogênicos. Dentre os itens naturais identificados, invertebrados foram os mais frequentemente registrados (43%), seguidos de frutos (33%), sementes (10%), flores (4%), pecíolos (9%) e vertebrados (0,2%). Por outro lado, ao se considerar apenas as varreduras da subcategoria “comer” ($n = 1869$), os itens naturais mais consumidos foram os frutos (50%).

Os membros do grupo exploraram uma variedade de recursos vegetais: 34 espécies diferentes (26 identificadas-Tabela 1), dos quais 85% foram frutos classificados como zoocóricos.

Tabela 1. Lista das espécies com recursos vegetais explorados pelo grupo de macacos-prego do PNB, entre novembro de 2012 e agosto de 2013.

Espécie	Família	Parte consumida	Mês de consumo	Forma de Dispersão
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	Fruto	Fev;	Zoocórica
<i>Bauhinia rufa</i>	Fabaceae	Flor; Fruto	Mai; Jul; Ago	Anemocórica
<i>Bromelia balansae</i>	Bromeliaceae	Fruto	Abr	Zoocórica
<i>Cariniana estrellensis</i>	Lecythidaceae	Semente	Mai-Ago	Anemocórica
<i>Cecropia pachystachya</i>	Urticaceae	Endocarpo	Ago	Zoocórica
<i>Diospyros hispida</i>	Ebenaceae	Fruto	Abr; Jun	Zoocórica
<i>Euterpe edulis</i>	Arecaceae	Fruto	Jun-Jul	Zoocórica
<i>Ficus inspida</i>	Moraceae	Fruto	Mar-Jul	Zoocórica
<i>Gurania spinulosa</i>	Cucurbitaceae	Fruto	Nov-Dez	Zoocórica
<i>Inga ignoides</i>	Fabaceae	Flor; Fruto	Jan; Mai; Jul; Ago	Zoocórica
<i>Lafoensia pacari</i>	Lythraceae	Fruto	Abr	Zoocórica
<i>Luehea divaricata</i>	Malvaceae	Semente	Abr-Ago	Anemocórica
<i>Magnolia ovate</i>	Magnoliaceae	Semente	Nov; Jan-Ago	Zoocórica
<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Fruto	Nov, Dez; Fev	Zoocórica
<i>Matayba guianensis</i>	Sapindaceae	Fruto	Jan	Zoocórica
<i>Mauritia flexuosa</i>	Arecaceae	Endocarpo	Fev	Zoocórica
<i>Miconia chamissois</i>	Melastomataceae	Fruto	Ago	Zoocórica
<i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae	Fruto	Fev	Zoocórica
<i>Myrsine gardneriana</i>	Primulaceae	Fruto	Jan; Mar	Zoocórica
<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae	Fruto	Nov- Mai; Jul; Ago	Zoocórica
<i>Protium heptaphyllum</i>	Burseraceae	Arilo(semente)	Fev	Zoocórica
<i>Pseudobombax tomentosum</i>	Malvaceae	Fruto	Ago	Anemocórica
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Fruto	Jan-Fev	Zoocórica
<i>Syzygium cumini</i>	Myrtaceae	Fruto	Abr	Zoocórica
<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	Fruto	Fev-Mar; Ago	Zoocórica
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	Fruto	Mar-Abr; Jun	Zoocórica

Algumas destas espécies mostraram-se disponíveis ao longo de mais de oito meses e foram recorrentemente consumidas, como *Magnolia ovate* e *Piper aduncum*. Esta segunda espécie chegou a compor até 34,7% dos registros de “comportamento alimentar” referentes aos vegetais durante o mês de janeiro. Os animais também consumiram frequentemente sementes de *Luehea divaricata*, uma espécie que foi explorada durante toda a estação seca (abril a agosto), e que representou 56,7% dos registros de alimentação de vegetais durante o mês de maio. *Zanthoxylum rhoifolium* e *Cariniana estrellensis* também se apresentaram importantes componentes da dieta dos macacos-prego, ambas consumidas em mais de 30% dos registros durante os meses de abril e agosto, respectivamente.

Os macacos-prego também consumiram uma variedade de itens fornecidos por humanos, tanto naturais (ex. frutos, castanhas, milho) como alimentos processados (ex. iogurte, bolo, biscoito, pão, sanduíche, pipoca, sorvete). Alimentos foram frequentemente utilizados por humanos como ferramenta para atrair os macacos. Em relação às diferentes categorias de itens antropogênicos, os animais consumiram em média 33,2% de frutas exóticas, 26,9% de itens não identificados, 23,8% de lanches, 11,3% de doces e 6,9% de bebidas humanas.

DISCUSSÃO

O grupo de estudo alocou pouco tempo para “interagir com humanos”, e apresentou um orçamento de atividades similar ao de outros grupos de *Sapajus libidinosus* não aprovisionados reportados na literatura (Tabela 2). A exceção foram dois grupos estudados por Verderane [2010] na Caatinga, um aprovisionado e outro não, que passaram menos tempo forrageando e mais tempo comendo do que os dados obtidos no presente estudo. Esta diferença pode estar relacionada com a disponibilidade de recursos alimentares nos dois locais, embora a soma dos dois comportamentos (“comportamento alimentar” – comer + forragear) tenha sido similar nas duas pesquisas. Curiosamente, foram encontradas diferenças quanto à frequência de forrageio e repouso em relação ao estudo de Sabbatini *et al.*, [2008], também realizado no PNB, sendo que no presente estudo os animais forragearam mais e repousaram menos. Dessa forma, a influência antrópica pareceu não modificar bruscamente o orçamento de tempo dos macacos-prego do PNB e o padrão de atividades do grupo não se

destaca dos encontrados na literatura, sendo compatível ao possível espectro de variação encontrado para a espécie.

Tabela 2. Comparação dos orçamentos de atividades obtidos de diferentes estudos realizados com a espécie *S.libidinosus*.

Habitat	Tama- nho do Grupo	Deslo- camento (%)	Re- pouso (%)	Co- mer (%)	For- ragear (%)	Interação social (%)	Contato com hu- manos	Fonte
Cerrado	6-8	37,1	7,6	16,6	27,4	9,9	Sim	Presente Estudo
Cerrado/ Caatinga	17-19	18	10,5	27	20	10	Sim	Verderane, 2012 (Grupo2)
Cerrado	08	41	15	17	17	08	Sim	Sabbatini, 2008
Cerrado	07	38	14,5	18	29,5	n.i	Não	Vilela, 2003
Caatinga	10	37,1	5,5	19,6	22,3	6,6	Não	Moura, 2004
Cerrado/ Caatinga	8-14	26	08	26	20	7,5	Não	Verderane, 2012 (Gru- po1)*

* Estudo realizado com dois grupos de *S.libidinosus*, Grupo 1= ZA e Grupo 2=CH; n.i= não informado; Em alguns trabalhos o orçamento de atividades não chega a 100% por não ter sido considerada a categoria “outros comportamentos” nesta tabela.

Segundo Sabbatini *et al.*, [2008] o grupo de macacos-prego do PNB gastou cerca de 65% do tempo com a alimentação de itens naturais e consumiu recursos vegetais de 47 espécies diferentes. No presente estudo, o grupo continuou consumindo em maior proporção itens naturais e gastou um tempo ainda maior (75%), porém os animais consumiram recursos de apenas 34 fontes naturais. Provavelmente essas diferenças encontradas para a mesma área de estudo

devem-se a variações anuais quanto à disponibilidade de recursos e principalmente variações no período de frutificação das diferentes espécies presentes no PNB e acessadas pelos macacos-prego. Nestes estudos não foram realizadas análises do poder de dispersão dos animais, mas um indicativo do potencial do grupo como dispersores de sementes foi o alto consumo de frutos zoocóricos. Estudos futuros podem focar o papel ecológico que o grupo desempenha, e possíveis diferenças em relação a grupos sem contato com humanos.

Assim como outros grupos selvagens de *Sapajus*, o grupo consumiu mais frutos, apesar de gastar muito tempo com a procura de invertebrados. Estes dados parecem indicar que o sucesso de forrageamento por invertebrados (razão entre o tempo de procura/ingestão de alimentos) é menor do que por frutos [Robinson & Janson, 1987; Verderane, 2010]. Por outro lado, era comumente difícil determinar se o sujeito observado explorando substrato, em particular galhos e folhas com a boca, estava forrageando apenas ou obtendo algum sucesso, ou seja, consumindo invertebrados. Além disso, invertebrados são muitas vezes consumidos muito rapidamente (i.e. eventos e não estados comportamentais), e eventos comportamentais são geralmente subestimados pelo método de varredura [Altmann, 1974].

Dessa forma, o grupo de macacos-prego do PNB pode ser considerado preferencialmente frugívoro-insetívoro [Fragaszy *et al.*, 2004], porém, diferentemente de grupos sem contato com humanos, parece substituir o consumo de insetos por itens antropogênicos, principalmente frutos exóticos, que são facilmente encontrados no PNB e altamente calóricos.

Os sujeitos mostraram preferência pelo alimento natural, apesar de possuírem acesso a uma fonte de recurso estável e altamente calórica (i.e. alimentos antrópicos). Este foi um resultado similar ao encontrado por McKinney *et al.* [2011] para um grupo de *Cebus capucinus* que possui contato com visitantes no parque “Curú”, na Costa Rica. O estudo de Freitas *et al.* [2008] também relatou maior consumo de alimento natural por um grupo de *S. libidinosus* que acessa lavouras de milho e cana. Neste estudo, realizado no estado de São Paulo, houve uma variação sazonal na dieta dos animais, sendo que a proporção de frutos na dieta foi positivamente correlacionada com a intensidade de frutificação das árvores zoocóricas.

De acordo com Bednekoff [2007], primatas procuram preferencialmente fontes com baixo risco envolvido e maior previsibilidade. No PNB, a fonte antrópica, quando comparada aos recursos naturais, seria uma fonte de maior custo, já que apesar de calórica ela apresenta exposição ao risco e alta imprevisibilidade. Ao interagirem com humanos, os macacos-prego nem sempre recebem alimento, e em algumas interações pode haver conflito. Este é um resultado que demonstra a importância de se analisar cada local em particular, pois dependendo da situação em que os macacos-prego se encontram, os custos e benefícios das fontes alimentares podem ser diferentes, levando os animais a preferir ou não alimentos antrópicos. Outro fator que influencia bastante a preferência alimentar dos animais é a variação da disponibilidade de recursos alimentares no ambiente. Os macacos-prego flexibilizam sua dieta de acordo com os recursos disponíveis [Brown & Zunino, 1990]. Assim, estudos futuros podem focar em como as fontes alimentares variam no PNB e afetam a dieta e comportamento destes animais.

Em resumo, os resultados obtidos no presente estudo permitem concluir que os macacos-prego do Parque Nacional de Brasília apresentaram um padrão de atividades similar ao de grupos sem contato com humanos e alta flexibilidade da dieta, se ajustando a oferta de recursos alimentares do PNB. O grupo de estudo, apesar de sofrer influência antrópica, consumiu mais alimentos naturais e o alimento antropogênico funcionou apenas como um complemento da dieta dos animais e não o principal recurso acessado. Este é um resultado que pode ser utilizado pela gestão do PNB como base para possíveis planos de manejo e programas de educação ambiental a serem desenvolvidos no parque. É importante que se informe aos visitantes a preferência dos macacos-prego por alimentos naturais e que eles não necessitam de alimentos antrópicos que podem gerar danos à saúde dos animais [Saito *et al.*, 2010].

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a toda a equipe do Parque Nacional de Brasília pelo apoio à realização da pesquisa.

FINANCIAMENTO/AUTORIZAÇÕES AMBIENTAIS

A pesquisa recebeu auxílio da CAPES e do Decanato de Pós Graduação-UnB, e possuía a Autorização para Atividades com Finalidade Científica, número 30452-1 (Data da Emissão: 26/06/2012) junto ao ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade).

REFERÊNCIAS

- Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior*. 49:227-267.
- Bednekoff PA. 2007. Foraging in the face of danger. Em: Stephens DW, Brown JS, Ydenberg RC, editores. *Foraging: behavior and ecology*. The University of Chicago Press. Chicago.p.1-28.
- Bicca-Marques J, Silva V, Gomes D. 2006. Ordem Primates. Em: Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima PI, editores. *Mamíferos do Brasil*. Londrina.p.101-148.
- Brown AD, Zunino GE. 1990. Dietary variability in *Cebus apella* in extreme habitats: evidence for adaptability. *Folia Primatologica*.4:189-195.
- Campbell-Smith G, Campbell-Smith M, Singleton I, Linkie M. 2011. Raiders of the lost bark: orangutan foraging strategies in a degraded landscape. *Plos One*. 6:20962-20962.
- Camargo MR. 2007. Comportamentos sociais e alimentar de *Cebus libidinosus*, Rylands 2000 (Primates-Cebidae) no Parque Areião, Goiânia, Goiás. [Monografia, Graduação em Ciências Biológicas] Goiânia (GO):Universidade Católica de Goiás. p.48.
- Fragaszy DM, Fedigan L, Visalberghi E, 2004. The complete capuchin. The biology of the genus *Cebus*. Cambridge. Cambridge University Press.p.339.
- Freitas C, Setz E, Araújo ARB, Gobbi N. 2008. Agricultural crops in the diet of bearded capuchin monkeys, *Cebus libidinosus* Spix (Primates: Cebidae), in forest fragments in southeast Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*.25:32–39.
- Hockings KJ. 2007 Human-chimpanzee coexistence at Bossou, the Republic of Guinea: a chimpanzee perspective. [Tese de Doutorado]. Stirling. Scotland: Department of Psychology, University of Stirling.
- Jaman MF, Huffman MA. 2012. The effect of urban and rural habitats and resource type on activity budgets of commensal rhesus macaques (*Macaca mulatta*) in Bangladesh. *Primates*. 54: 49-59.

- Lousa TC. 2013. Interações entre humanos e macacos-prego: Influência dos alimentos antrópicos. [Dissertação de Mestrado]. Brasília (DF). Universidade de Brasília. P 59.
- Lowry H, Lill A, Wong BBM. 2013. Behavioural responses of wildlife to urban environments. *Biological Reviews*.88:537-549.
- Martins LBR. 2005. Interações e conflitos entre humanos e macacos-prego (*Cebus apella*) no Parque da Criança em Anápolis-GO. [Dissertação de Mestrado] Goiânia (GO). Universidade Católica de Goiás.
- McKinney T. 2011. The effects of provisioning and crop-raiding on the diet and foraging activities of human-commensal white-faced capuchins (*Cebus capucinus*). *American Journal of Primatology*.73:439-448.
- Mendes FDC, Rocha SAA; Balestra R, Guimarães ZFS, Portela RC. 2005. Padrões comportamentais de *Cebus apella libidinosus* em fragmentos de matas urbanas: adaptabilidade, problemas de convivência e manejo. Em: XI Congresso Brasileiro de Primatologia. Anais. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Primatologia.p.39.
- MMA. 2003. Fragmentação de ecossistemas. Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Maury C, editor. Brasília.p.510.
- Moura ACA. 2004. The capuchin monkey and the caatinga dry forest: a hard life in a harsh habitat. [Tese de Doutorado].Cambridge (UK): University of Cambridge.
- Orans MB. 2002. Feeding wildlife as a tourism attraction: a review of issues and impacts. *Tourism Management*. 23: 281-293.
- Robinson JG, Janson CH. 1987. Capuchins,squirrel monkeys and atelines: socioecological convergence with Old World primates. Em: *Primate societies*. Smuts BB, Cheney DL, Seyfarth RM. Wrangham RW e Struhsaker TT, editores. University of Chigaco Press. Chicago and London. P 69-82.
- Rocha SAA. 2003. Dieta e orçamento de atividades de *Cebus apella* área urbana. [Dissertação de Mestrado]. Goiânia (GO). Universidade Federal de Goiás.
- Sabbatini G, Stammati M, Tavares MCH, Giuliani MV, Visalberghi E. 2006. Interactions between humans and capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in the Parque Nacional de Brasília, Brazil. *Applied Animal Behaviour Science*.97:272–283.
- Sabbatini G, Stammati M, Tavares MCH, Visalberghi E. 2008. Behavioral flexibility of a group of bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in the National Park of Brasília (Brazil): consequences of cohabitation with visitors. *Brazilian Journal of Biology*.68:685–693.
- Saito CH, Brasileiro L, Almeida LE, Tavares MCH. 2010. Conflitos entre macacos-prego e visitantes no Parque Nacional de Brasília: possíveis soluções. *Sociedade e Natureza Uberlândia*.22:515–524.

- Saj T, Siccote P, Paterson JD. 1999. Influence of human food consumption on the time budget of vervets. *International Journal of Primatology*. 20: 977-994.
- Silva JS-Jr. 2001. Especiação nos macacos-prego e caiararas, gênero *Cebus* Erxleben, 1777 (*Primates, Cebidae*). [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro (RJ):Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Strum SC. 2010. The development of primate raiding: implications for management and conservation. *International Journal of Primatology*. 31:133-156.
- Verderane M. 2010. Socioecologia de macacos-prego (*Cebus libidinosus*) em área de ecótono cerrado/caatinga. [Tese de Doutorado] São Paulo (SP):Universidade de São Paulo. p.235.
- Verderane MP, Izar P, Visalberghi E, Fragaszy DM. 2013. Socioecology of wild bearded capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*): an analysis of social relationships among female primates that use tools in feeding. *Behaviour*. 150:659-689.
- Vilela SL. 2003. Simpatria de *Alouatta caraya*, *Cebus apella* e *Callithrix penicillata* em matas de galeria do Distrito Federal. [Tese de Doutorado]. Brasília (DF):Universidade de Brasília.

PARTE III

ECOLOGIA

CAPÍTULO 10

Advancing the Study of Primate Feeding Ecology: New Methods and Approaches

Paul A. Garber

Department of Anthropology
University of Illinois
Urbana, IL 61801 USA
p-garber@illinois.edu

ABSTRACT

Many species of nonhuman primates are characterized by a diverse diet in terms of the range of food types exploited (fruits, leaves, buds, invertebrates, vertebrates, bark, fungus, exudates, seeds, grasses) and the number of plant and animal species consumed. These resources differ in nutritional content (energetic value, protein, lipid, carbohydrate, and mineral content, as well presence of secondary compounds), seasonal availability, patch size, rates of renewal, and require different foraging strategies for their efficient acquisition. Although primate feeding ecology has been studied for over 50 years, many researchers continue to rely on traditional measures such as time spent feeding on a particular food type or the number of plant species consumed as a proxy for dietary and nutritional intake. Although such data are relatively easy to collect and are useful for general comparisons of species differences in dietary patterns, for many primate species data on time spent feeding fail to address more detailed questions concerning nutritional ecology, dietary selectivity, and relationships between diet and reproductive success. A main goal of this paper is to advocate

the use of alternative and new methods of data collection for addressing questions of primate feeding ecology. These include the use of nutrient mixing and geometric nutritional frameworks, genetic analysis to identify the taxa of invertebrate, vertebrate, plant, and microbial DNA present in primate feces, assays of urine to measure levels of C-peptide as a biomarker of energy balance, and using information on feeding rates and estimates of grams ingested to more accurately identify individual, sex, and age-related differences in resource acquisition. Finally, I discuss the importance of obtaining data on the nutrient content of primate foods as a conservation tool for managing the affects that the loss of key plant or prey species may have on a primate survival in altered habitats.

INTRODUCTION

Compared to many groups of mammals, nonhuman primates are characterized by high dietary diversity in terms of the range of food types exploited (ripe fruits, unripe fruits, immature leaves, mature leaves, buds, invertebrates, vertebrates, bark, fungus, exudates, seeds, grasses, etc.) and the number of plant and animal species consumed (Garber 1987; Chapman et al. 2003; Lambert 2011). These resources differ in nutritional content (energetic value, protein, lipid, carbohydrate, and mineral content, as well presence of secondary compounds), seasonal availability, patch size, rates of renewal, and require different foraging strategies for their efficient acquisition (Amato and Garber, 2014; Righini 2014). In this regard, models of primate socioecology have highlighted the role of within-group feeding competition as a major factor affecting foraging behavior, group size, group cohesion, dominance style, the frequency and context of agonistic interactions, and differential reproductive success among members of a social group (van Schaik 1989; Sterk et al. 1997; Chapman and Chapman 2000; but see Sussman and Garber, 2011 for an alternative perspective). In particular, the concept of ecological constraints (Chapman and Chapman, 2000) argues that as group size increases, the rate at which individuals deplete food patches is expected to increase resulting in increased traveling and foraging costs to locate additional food

patches to satisfy dietary needs. Relatedly, Charnov's (1976) marginal value theorem offers a set of predictions concerning the set of conditions under which a forager is expected to leave a patch. According to the marginal value theorem, foragers are expected to select patches that offer the greatest energy intake per unit time or offer the highest nutrient reward (e.g. protein maximization), and to remain in a food patch until the energetic or targeted nutrient value of that patch falls below the average value of food patches in the environment.

Limitations of the both the socioecological model, marginal value theorem and energetic constraints model, especially as applied to nonhuman primates, are the tenets that within-group feeding competition is the primary factor affecting individual patch choice, foraging costs, and access to resources (Sussman and Garber, 2011 for an alternative perspective) and that foraging decisions are based principally on maximizing the intake of a single 'currency' usually energy or protein, rather than an attempt to balance intake across a range of essential nutrients (Altmann 2009; Felton et al. 2009a,b,c; Righini 2014). Given that different plant parts and food species consumed by non-human primates vary in their energetic value, nutrient content, as well presence of secondary compounds (Altmann 2009; Felton et al. 2009b; Norconk et al. 2009; Lambert, 2011; Simmen et al. 2014), foraging decisions based on nutrient mixing and macro and micronutrient regulation, in response to age and sex-based differences in nutritional requirements, are likely to offer individuals the most nutritionally complete and balanced diet (Raubenheimer et al. 2009). Under conditions of nutrient mixing, a forager may be expected to leave a productive food patch before it is depleted or below the average patch value in order to locate a new food type or food species that offers a different or complementary set of nutritional rewards. This might mean switching from ripe fruits to insects to increase protein and lipid intake, or switch from leaves of an evergreen species to leaves of an early successional plant species to reduce the intake of fiber and secondary compounds rather than as a response to feeding competition (Jiménez 2004; Simpson et al. 2004; Sussman and Garber, 2011).

Rethinking Traditional Data Collecting Methods

Studies of primate feeding ecology continue to rely on indirect measures of diet and nutrition such as time spent feeding on a particular food type, the number of plant species consumed, general estimates of food availability (often based on basal area, DBH, or crown dimensions that remain the same across the entire year despite the fact fruit, leaf, and flower availability changes daily, weekly, and monthly; or through monitoring forest transects that often represent considerably less than 1% of a group's home range and are dominated by plant species that represent only a small fraction of the primate diet), and assumptions regarding the nutritional content of different 'food types' as proxies for dietary and nutritional intake. Clearly there are advantages of using these traditional measures. They (1) are relatively easy to collect, even under difficult field conditions, (2) do not require expensive or technical equipment, (3) are reliable in that researchers independently studying the same individuals can reproduce very similar results, and (4) have consistently identified differences in diet and activity budget among species living in the same forest.

However, there exist several disadvantages in using these methods. To begin, time spent feeding or foraging on particular a food type (e.g. ripe fruit or young leaves) is not an accurate or reliable measure of the amount consumed (grams) or energy and nutrient intake. Nevertheless researchers continue to argue, based on time spent feeding, that one individual/group/species consumes more fruits or another individual/group/species consumes more leaves, and then use this to suggest that differences in forest phenology, feeding competition, reproduction status, or nutritional requirements explain these results even though no such differences in the actual amount of food consumed may exist. This is not the best way to advance the science of primatology.

Beginning with Hladik's (1977) comparative study of time spent feeding and food intake in chimpanzees, and confirmed by additional studies including Gaulin and Gaulin (1982), Amato and Garber (2014), Garber et al. (2014b), and Righini (2014) (Table 3), there is evidence that the grams of ripe fruit ingested per minute of feeding is 2-3 times greater than the amount of leaf material ingested per minute of feeding time. Similar differences occur in comparing feeding rates and amounts ingested between mature vs. immature leaves and ripe fruits vs.

unripe fruits (Table 3). And, although the collection of data on primate feeding rates and the weight of individual animal and plant tissues consumed are more difficult to record than time spent feeding, these data are essential for identifying the ecological, social, and nutritional basis of primate foraging decisions. As indicated in Figure 1, based on time spent feeding over the course of one year, the diet of black howler monkeys would be considered highly folivorous with 58.6% of feeding time devoted to leaves and 35.2% fruits. However, based on the estimated amount of plant tissues consumed, 49.7% of their diet came from leaves and 49.2% from fruits. Thus, this howler population is best categorized as exhibiting a diet relatively balanced in fruit and leaf intake, a conclusion very different to one based on time spent feeding. Moreover, combining these data with information on the nutritional composition of the foods consumed, approximately 65% of the protein content of the howler diet came from leaves whereas 58% of the metabolizable energy came from eating fruit (Righini 2014). In this regard, howler foraging decisions appear to involve a nutrient mixing strategy in which individual selected particular species of leaves and fruits to balance nutrient intake.

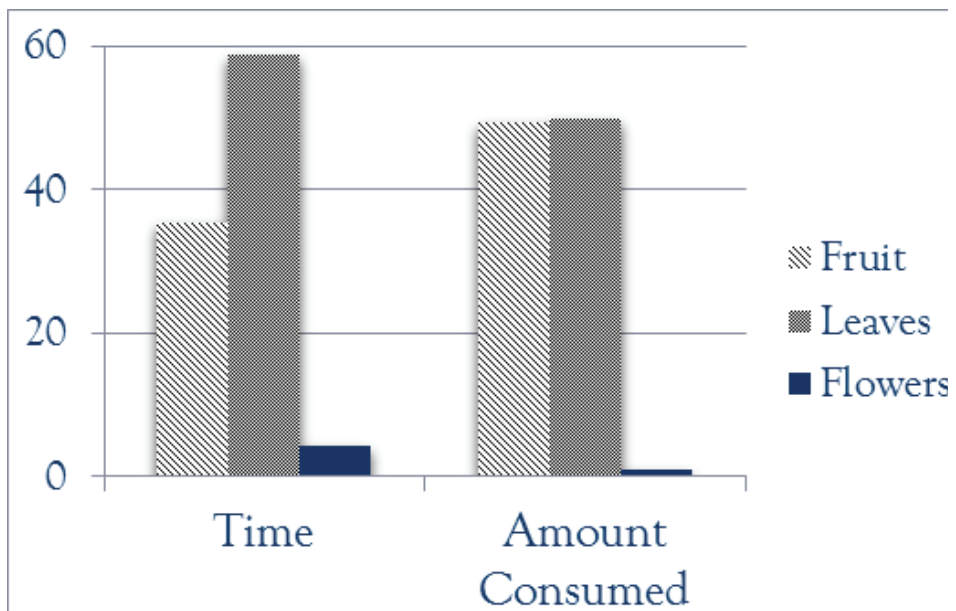


Figure 1. Comparison: Time spent feeding vs. Amount consumed in *Alouatta pigra* (adapted from Garber et al. 2014a)

A second limitation of many primate studies is the assumption that different species of the same food type, for example ripe fruits, are nutritionally interchangeable or offer the same basic food reward. This assumption, however, is often incorrect. For example, Conklin and Wrangham (1994) examined the nutritional content of the fruits of 9 species of *Ficus* in Uganda (Table 1). Their data indicate that fruits of individual fig species contained 4-5 times more protein and lipids and twice the metabolizable energy than fruits of other fig species in the same forests (Table 1). Therefore, foragers in the same social group who consume fruits from different fig species may be required to feed on different food items later that day to individually achieve a balanced diet. Moreover, several recent studies indicate that fruits and leaves located in different parts of the same tree crown can vary considerably in their nutrient and secondary compound composition (Downnum et al. 2000; Schaefer et al. 2002; Dominy et al. 2003; Houle et al. 2007; Houle et al. 2014). Therefore primate foraging decisions are best understood by incorporating data on feeding rates, measures of amounts consumed, and the nutritional content of individual food items eaten (or at least food items located in the same part of the tree crown) (Garber et al. 2014b).

Finally, it is commonly assumed that young leaves contain more protein, less structural carbohydrates, and have lower levels of condensed tannins than mature leaves. And, although this may be the case in certain forests or among certain plant species, it is not always the case. A recent study by Righini (2014) of black howler monkeys (*Alouatta pigra*) in the State of Campeche, Mexico indicated that young leaves and mature leaves consumed by howlers did not differ in crude protein, available protein, neutral detergent fiber, hemicullose, fat, total nonstructural carbohydrates, or condensed tannins (Table 2).

In addition, although fruits are generally considered to contain small amounts of lipids, fruits consumed by these monkeys on average contained 12% lipids. Similarly, a survey of the lipid content of fruits across many forest communities indicate that “approximately 20% of fleshy fruited speciesbear fruit with >10% dry weight lipids” (Stiles 1993: 227). Thus, it is critical to analyze the nutritional content of foods consumed by wild primates and foods avoided

by wild primates rather than continue to use unverified assumptions regarding the expected nutritional content of plant and animal tissues (Raubenheimer and Rothman 2013; Garber et al. 2014b; Righini 2014).

Table 1. Nutritional Content of 9 Species of Figs (*Ficus*) in Uganda. Data presented as % dry weight (adapted from Conklin and Wrangham 1994)

Species	Crude Protein (%)	Fat (%)	NDF ¹ (%)	WSC ² (%)	ME ³ (%)
<i>F. asperifolia</i>	13.9	7.6	42.6	12.3	353.6
<i>F. conraul</i>	7.8	2.7	58.7	11.2	239.1
<i>F. cyathistipula</i>	4.4	5.2	61.6	6.3	234.0
<i>F. exasperata</i>	25.4	6.6	59.3	7.2	331.4
<i>F. mucuso</i>	4.4	4.5	46.9	15.2	282.9
<i>F. natalensis</i>	6.1	1.6	68.3	5.6	147.6
<i>F. sansibarica</i>	10.2	2.8	52.2	7.4	301.2
<i>F. saussureana</i>	9.5	4.8	65.2	3.3	203.6
MEAN	10.2	4.5	56.9	8.6	261.7
Stdev	6.9	2.0	8.9	4.0	68.6

¹= Neutral detergent fiber; ²= water soluble carbohydrates; ³= metabolizable energy

Molecular Methods For Understanding Primate Diet

Identification of plant and animal DNA in primate feces

Another important research tool is the use of DNA present in primate feces, in conjunction with behavioral studies, to identify the taxa of invertebrates, vertebrates, and plants consumed. Although it is generally acknowledged that animal prey represents the primary source of protein for many primates weighing less than 2000 gm, animal prey also represents an important source of protein, lipids, metabolizable energy, and minerals for many larger bodied primate species including capuchins, woolly monkeys, bearded sakis, macaques, guenons, mangabeys, gibbons, great apes, and humans (see Mallott et al. in press). However, documenting the taxa of arthropods and small vertebrates (frogs, lizards, birds) represents significant challenges because these prey are diminutive, cryptic, and often concealed or embedded in substrates such as nests, tree holes,

palm crowns, bark crevices, dead wood or bromeliad whorls. In this regard it is not surprising that in many studies of primate feeding ecology, all records of animal foraging are lumped into a single category, “prey”, the majority of prey captures are unidentified, and this does not include an unknown number of cases in which invertebrates/small vertebrates are consumed but not observed by the researcher.

Recently molecular based analyses have emerged as a promising technology for identifying arthropod and vertebrate DNA present in the feces of faunivorous animals. Although studies using molecular methods have been conducted on bats, cetaceans, and carnivores (Clare et al., 2011; Razgour et al., 2011; Shezad et al., 2012), to date only a few of these studies have been conducted on primates. These include Hofreiter et al.’s (2010) on vertebrate prey consumed by bonobos and gorillas, Pickett et al.’s (2012) study of arthropod consumption in a community of primates in Ecuador, Hamad et al.’s (2014) study of social insects consumed by great apes, and Mallott et al.’s (in press) study of the arthropod diversity in the diet of Weddelli’s saddleback tamarins (*Saguinus weddelli*) in Bolivia. In the case of saddleback tamarins, fecal samples collected over the course of one month contained 10 Orders, 15 families, and 12 genera of arthropods, including taxa that were known (e.g. large orthopterans and spiders) and taxa that were unknown (e.g. bees, ants, wasps) to be part of their diet. Knowledge of the taxa of prey consumed and the microhabitats these prey inhabit offer critical insight into patterns of primate feeding ecology, habitat utilization, and foraging techniques. And, although the molecular sequencing of fecal DNA at present cannot be used to determine the amount of each prey taxa consumed, it is possible to identify individual differences in the type and diversity of prey eaten by age, sex, individual, and season. Given the rapidly expanding barcoding of vertebrate and invertebrate DNA (available in GenBank nt nucleotide sequence database and the Barcode of Life Database (www.boldsystems.org), the use of molecular techniques represents an important research tool to understand the costs and benefits of prey foraging in primates.

Identification of the gut microbiome

Recent advances in the molecular identification of gut microbial populations from primate feces offer similar promise to address a set of research questions examining age, sex, and individual differences in diet (Gomez 2014). Despite the expectation of major differences in the energetic and nutritional requirements associated with growth (juveniles), reproduction (lactation and gestation in adult females), and maintenance (larger bodied adult males), in many primate species, group members commonly exploit the same set of resources, have similar diets, and similar activity budgets. Moreover, even in cases in which differences are identified, they often are relatively subtle. In this regard, the gut can be thought of as a dynamic ecological system (co-evolved), with different taxa of microbes (based on their function) increasing or decreasing in response to changes in the availability of particular nutrients that comprise the host diet (Gomez 2014). Therefore, changes in the ratio/type of gut microbial taxa during periods of low energy intake, high energy demand, or during seasonal changes in resource availability may allow primates to fulfill energy and nutrient requirements without major shifts in diet or behavior (Amato et al. in press). As part of a 10-month field study of the behavioral ecology and diet of black howler monkeys (*Alouatta pigra*) inhabiting Palenque National Park in Mexico, Amato et al (in press) collected fecal samples from all members of two study groups every two weeks. Fecal samples were stored in the field in 96% ethanol and later analyzed for microbial community composition. In this study, although there was limited evidence for age and sex based differences in diet based on feeding time, based on feeding rates (grams ingested per metabolic body mass), females and juveniles consumed more young leaves, stems, and ripe fruits than adult males. Moreover, changes in howler diet across time were correlated to shifts in gut microbial community composition and function. For example, during periods of reduced energy intake the howler gut microbiome responded by increasing the production of energy (Amato et al. in press). These authors conclude “Energy and nutrient production by the gut microbiota appears to provide an effective buffer against seasonal fluctuations in energy and nutrient intake for these primates, and is likely to have a similar function in other mammal species” (Amato et al. in press).

Use of Hormonal Data to Understand Primate Diet

Insulin is a key hormone regulating metabolic activity and coordinates the uptake and storage of glucose. C-peptide is associated with insulin production and is used as a biomarker of the body's response to available glucose. An increase in C-peptide indicates a positive energy balance. In a recent study McCabe et al. (2013) examined the nutritional strategies used by female sanje manabeys (*Cercocebus sanjei*) to store and use energy for reproduction during early gestation and lactation. These authors argue that reproductively active female primates may exhibit alternative feeding strategies to obtain the necessary nutrients required for reproduction. These include (1) increase time spent feeding, (2) increase feeding rate, and/or (3) target particular resources based on their nutritional content (e.g. eat smarter). Four times per month, urine from female mangabeys was collected in the field and preserved on Whatman Protein Saver™ cards. The samples were stored in airtight tubes with silica in the field and later analyzed. The results indicated that periconceptive females (pre-conceptive and early gestation) did not increase time spent feeding, time spent foraging, or feeding intake rate. However, lactating females significantly increased their intake of protein and lipids during this period and periconceptive females increased their intake of lipids. C-peptide levels in these females increased significantly as individuals consumed fruits that were high in lipids and protein. Given that lipids provide twice the amount of metabolizable energy than protein or carbohydrates, McCabe et al (2013) concluded that females ate smarter to increase energy available for successful reproduction during periods of high fruit availability.

Nutrient Balancing

There is growing evidence that animals have 'appetites' and can learn to associate the color, flavor, taste, smell, and/or texture of particular foods with their protein, carbohydrate, and lipid content (Di Battista and Holder, 1998; Sclafani 2000). Moreover, studies on human subjects indicate that individuals fed a nutrient-poor or a nutrient-rich food will compensate and select subsequent meals that balance nutrient intake over time intervals that range from as

short as 30 minutes to several days (Rolls and Moran, 2000; de Castro, 2000, 2004). Therefore, a major question in primate behavioral ecology is the degree to which individuals are able to ‘detect’ short-term deficits in nutrient intake and respond by altering their feeding behavior in an appropriately compensatory way. It has been argued (Stricker 2000: 6) that internal signals “provided by neural input.... blood-borne substrates, or hormones detected in the brain” help guide or stimulate the ingestion and appetite for particular nutrients. If the nutritional content of foods eaten earlier in the day or during the previous one or two days affects current food choices, then collecting, presenting, and analyzing data on sequential changes in the feeding behavior of a given individual over time, will provide a greater understanding of food choice, dietary selectivity, and feeding preferences than the traditional approach of lumping all feeding records into a monthly dietary profile.

Geometric Nutritional Framework

Recently, several researchers have examined primate food choice using a geometric nutritional framework (GNF) (Simpson et al., 2003, 2004; Felton et al. 2009a,b,c, Rothman, 2011, 2012; Johnson et al. 2013; Raubenheimer and Rothman 2013; Righini. 2014). This model assumes that macronutrient regulation is a major goal of individual foraging decisions. Given differences in the nutritional and energy content of different food types and individual plant and animal species (see Rothman et al. 2012 for a more complete discussion of primate nutritional ecology), a forager can achieve its nutritional target “by mixing its diet from individually imbalanced but complementary foods” (Simpson et al. 2003: 124). A geometric framework examines in multidimensional space, an individual’s nutritional goals and feeding behavior by comparing patterns of food intake and the nutrient content of individual food items across several axes (Felton et al. 2009b).

As illustrated in Figure 2 from Raubenheimer and Rothman (2013) a hypothetical forager may be expected to select foods daily based on differences in the availability of three primary macronutrients; protein, carbohydrates, and lipids as well as differences in the protein to fiber ratio of individual food items

(Simmen et al. 2014). Using this model one can identify several alternative dietary patterns including a nutrient balancing strategy, a protein prioritizing strategy, a carbohydrate prioritizing strategy, a lipid prioritizing strategy, a protein-to-fiber prioritizing strategy, or some combination of these patterns in response to changes in health, reproduction, age, and nutritional requirements. Five recent studies using a geometric framework provide critical insights into primate nutritional strategies. In a study of Bolivian spider monkeys (*Ateles chamek*) by Felton et al. (2008; 2009a,b,c), these highly frugivorous (82% fruit) primates exhibit a dietary pattern in which daily protein intake was highly regulated and remained consistent (not maximized) across periods of both ripe fruit abundance and ripe fruit scarcity. In contrast, dietary intake of energy derived from nonstructural carbohydrates and lipids varied considerably across days and seasons of the year.

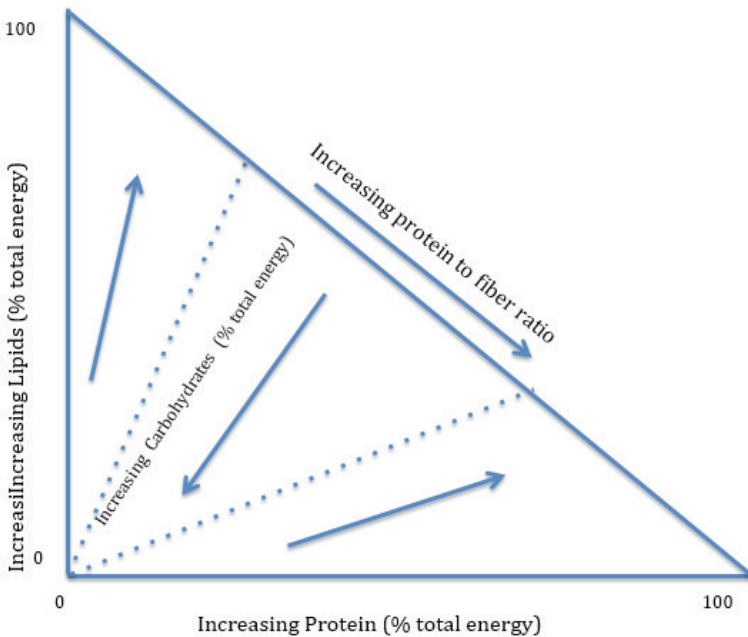


Figure 2 – Geometric Nutritional Framework (adapted from Raubenheimer and Rothman 2013)

In contrast, Rothman et al. (2011) report that in mountain gorillas (*Gorilla beringei*) the intake of energy from carbohydrates and lipids was relatively consistent across the year, whereas during limited periods when leaves and herbaceous vegetation dominated the diet, the gorillas consumed very high levels of protein (31% of energy derived from protein). Thus as a feeding strategy, gorillas appeared to prioritize foods that enabled them to achieve a consistent level of carbohydrates and lipids throughout the year, and opportunistically over-consumed protein when leaves were highly available (Rothman et al. 2011).

A third nutritional strategy, one in which individuals maintained a relatively consistent balance in the ratio of protein to non-protein energy consumed daily (ranging from 5:1 to 6.4:1), has been reported in wild female chacma baboons (*Papio hamadryas ursinus*, Johnson et al. 2013), adult male and female black howler monkeys (*Alouatta pigra*, Righini, 2104), and golden snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus roxellana*, Garber et al. 2014a). Given evidence of several different strategies used by primates to obtain macronutrients required for growth, maintenance, and reproduction, we need to rethink models of socioecology, ecological constraints, and the advantages of living in a cohesive and well-functioning social group to include predictions associated with age-, sex-, and individually-based tradeoffs in selecting or avoiding particular food types in response to a combination of social (feeding competition, partner preferences, food sharing or tolerance at feeding sites), ecological (the availability and distribution of food patches and the nutrient content of food items), and physiological (age, health, short-term nutritional requirements) factors.

Table 2. Nutritional content of foods consumed by black howler monkeys (*Alouatta pigra*) in Campeche, Mexico. Data presented as % dry weight (adapted from Righini 2014)

Food Type	Crude Protein (%)	Available Protein (%)	NDF ¹ (%)	Hemicellulose (%)	Cellulose (%)	Fat (%)	TNC ² (%)	Condensed Tannins ³
Mature Leaves	19.6	14.7	46.1	12.1	15.1	3.6	30.1	++
Young Leaves	20.6	14.5	48.5	10.5	13.8	2.8	28.0	++

Ripe Fruits	8.9	7.5	7.5	8.0	9.3	12.1	40.8	+
Unripe Fruits	12.4	10.5	10.5	11.6	14.9	6.9	29.7	++
Inflorescences/ Flowers	19.6	16.0	16.0	11.7	13.9	3.1	33.3	++

¹= Neutral detergent fiber; ²= Total nonstructural carbohydrates; ³= data represent a qualitative acid-butanol assay for condensed tannins with ++ indicative of a greater concentration than +

Table 3. Feeding rates (grams consumed/minute) in wild primates

Species	Fruits		Leaves		Seeds	Flowers	Reference
	ripe	unripe	mature	Immature			
<i>Alouatta pigra</i>	5.87	2.43	1.60	1.86	0.12	0.63	1
<i>Alouatta seniculus</i>	6.35	3.70	3.70	1.17	ND	ND	2
<i>Alouatta pigra</i>	4.46	2.91	3.63	1.64	ND	1.0	3

1= Amato and Garber 2014; 2= Gaulin and Gaulin, 1982; 3= Righini 2014;

The Implications of Nutrient Balancing for Conservation

Many species/populations of primates live in anthropogenically disturbed and fragmented forests, and therefore face significant challenges in obtaining sufficient resources to meet their energetic and nutritional requirements. Assuming that there exists an important link among diet, feeding ecology, nutrition and the ability of primate populations to survive in disturbed habitats, the use of a geometric nutritional framework can be used to examine the impact that the loss of key plant and prey species has on primate conservation and survival. If foragers are generally selecting among nutritionally preferred or nutritionally complementary fruits, leaves, flowers, and animal prey, then measures of overall food abundance may tell us little about the suitability of a given habitat for sustaining that primate population. Greater attention must

be paid to sequential food choices made by primates and the nutritional content of individual plant and animal species consumed within a geometric nutritional framework. In this regard, methodological approaches that correlate temporal (daily, weekly, monthly, seasonally) changes in the nutrient composition of food items, with related changes in primate food choice and nutritional needs represent an important research and conservation tool in protecting and expanding endangered populations and their habitats. This may require the managed replanting of particular tree and liana species that provide individual primate taxa with foods that contain targeted amounts of proteins, sugars, nonstructural carbohydrates, and lipids required for growth, maintenance, and reproduction. I end by strongly encouraging researchers to incorporate new methodological approaches along with more traditional techniques in rethinking how best to study the behavior, ecology, and conservation priorities of non-human primates.

Acknowledgments

I wish to acknowledge the University of Illinois for providing financial support that has enabled me to study the behavior, ecology, and conservation of primates for the past 35 years. I also thank sincerely thank Adelia Oliveira (URFPE), Renata Ferreira (UFRN), Valdir Luna (UFPE), and Nicola Schiel (UFPE) for inviting me to speak at the XV Brazilian Congress of Primatology and the II Latin American Society of Primatologists Meetings in Recife, Brazil, and for the opportunity to present this paper. Finally, without the love and support of Chrissie, Sara, and Jenni, none of this would have been possible.

References

- Altman SA. 2009. Fallback foods, eclectic omnivores, and the packaging problem. *American Journal of Physical Anthropology* 140: 615-629
- Amato KR. 2013. Black howler monkey (*Alouatta pigra*) nutrition: integrating the study of behavior, feeding ecology, and the gut microbial community. PhD dissertation. Urbana, IL: University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Amato KR and PA Garber 2014. Nutrition and foraging strategies of the black howler monkey (*Alouatta pigra*) in Palenque National Park, Mexico. *American Journal of Primatology* 76: 774-787.

- Amato KR, Leigh SR, Kent A, Mackie R, Yeoman CJ, Stumpf RM, Gillis M, Wilson BA, Nelson KE, White BA, and Garber PA. In press. The gut microbiota compensates for seasonal diet variation in the wild black howler monkey (*Alouatta pigra*). *Microbial Ecology*.
- Chapman CA, Chapman LJ. 2000. Determinants of group size in primates: the importance of travel costs. In: Boinski S, Garber PA, editors. *On the move: how and why animals travel in groups*. Chicago: University of Chicago Press. p 24–42.
- Chapman, C. A., Chapman, L. J., Rode, K. D., Hauck, E. M. & McDowell, L. R. 2003. Variation in the nutritional value of primate foods: Among trees, time periods, and areas. *International Journal of Primatology*, **24**, 317-333.
- Charnov EL. 1976. Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical population biology* 9 : 129-136
- Clare E, Barber B, Sweeney B, Hebert P, Fenton MB. 2011. Eating local: influences of habitat on the diet of little brown bats (*Myotis lucifus*). *Mol Ecol* 20: 1772-1780.
- Conklin NL, Wrangham RW. 1994. The Value of Figs to a Hind-Gut Fermenting Frugivore - a Nutritional Analysis. *Biochem Syst Ecol* 22: 137-151.
- de Castro JM. 2000. Macronutrient selection in free feeding humans: Evidence for long term regulation. In Berthoud H-, Seeley RJ, editors. *Neural Control of Macronutrient Selection*. New York: CRC Press. p 43-59.
- de Castro JM. 2004. The Time of Day of Food Intake Influences Overall Intake in Humans. *Journal of Nutrition* 134: 104-111.
- Di Battista D and Holder MD. 1998 Enhanced Preference for a Protein-containing Diet in Response to Dietary Protein Restriction. *Appetite* 30: 237-254.
- Dominy, NJ, Lucas, PW, and Wright S. 2003. Mechanics and chemistry of rain forest leaves: canopy and understory compared. *Journal of Experimental Botany* 54: 2007-2014.
- Downum K, Lee, D, Halle, F, Quirke, M and Towers. N. 2000. Plant secondary compounds in the canopy and understory of a tropical rain forest in Gabon. *Journal of Tropical Ecology* 17: 477-481.
- Felton, A., Felton, A., Wood, J. & Lindenmayer, D. 2008. Diet and Feeding Ecology of *Ateles chamek* in a Bolivian Semihumid Forest: The Importance of *Ficus* as a Staple Food Resource. *International Journal of Primatology*, **29**, 379-403.
- Felton, A. M., Felton, A., Lindenmayer, D. B. & Foley, W. J. 2009a. Nutritional goals of wild primates. *Functional Ecology*, **23**, 70-78.

- Felton AM, Felton A, Raubenheimer D, Simpson SJ, Foley WJ, Wood JT, Wallis I, Lindenmayer DB. 2009b. Protein content of diets dictates the daily energy intake of a free-ranging primate. *Behav Ecol* 20: 685-690.
- Felton AM, Felton A, Wood JT, Foley WJ, Raubenheimer D, Wallis IR, Lindenmayer DB. 2009c. Nutritional ecology of *Ateles chamek* in lowland Bolivia: How macronutrient balancing influences food choices. *Int J Primatol* 30: 675-696.
- Garber, P. A. 1987. Foraging strategies among living primates. *Annu Rev Anthropol*, 16, 339-364.
- Garber PA, Hou R, Righini N, Ji W, Li B, and Guo S. 2014a. Nutritional strategies during spring and winter in an Asian colobine, *Rhinopithecus roxellana*. *American Journal of Primatology* (Suppl): (abstract).
- Garber, PA, Righini N. and Kowalewski MM . 2014b . Evidence of alternative dietary syndromes and nutritional goals in the Genus *Alouatta*. In: ***Howler Monkeys: Behavioral Ecology and Conservation***. MM Kowalewski, PA Garber, L Cortés-Ortiz, B Urbani, D Youlatos (editors). New York: Springer Press. ISBN 978-1-4939-1959-8
- New York, NY: Springer.
- Gomez A 2014. The gut microbiome of the western lowland gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*): implications for overall ecology. Ph.D. thesis. University of Illinois, Urbana, Illinois USA
- Gaulin SJC, Gaulin CK. 1982. Behavioral ecology of *Alouatta seniculus* in Andean cloud forest. *Int J Primatol* 3: 1-32. Gomez 2014
- Hamad I, Delaporte E, Raoult D, Bittar F. 2014. Detection of termites and other insects consumed by African great apes using molecular fecal analysis. *Sci Rep* 4: 4478.
- Hladik CM. 1977. Chimpanzees of Gabon and chimpanzees of Gombe: some comparative data on the diet. In: *Primate ecology : studies of feeding and ranging behaviour in lemurs, monkeys, and apes*. edited by T. H. Clutton-Brock. Academic Press, London, p. 481-503.
- Hofreiter M, Kreuz E, Eriksson J, Schubert G, Hohmann G. 2010. Vertebrate DNA in fecal samples from bonobos and gorillas: evidence for meat consumption or artefact?. *PLoS ONE* 5:e9419.
- Houle, A., Chapman, C. A., & Vickery, W. L. (2007). Intratree variation in fruit production and implications for primate foraging. *International Journal of Primatology*, 28, 1197–1271

- Houle A, Conklin-Britain NL, and Wrangham RW. 2014 Vertical stratification of the nutritional value of fruit: macronutrients and condensed tannins. *American Journal of Primatology* DOI: 10.1002/ajp.22305
- Jiménez I. 2004 Understanding vertebrate frugivores through foraging theory: patch use, diet composition and the abundance of curassow (Aves: Cracidae). PhD dissertation. St. Louis, MO: University of Missouri.
- Johnson, C. A., Raubenheimer, D., Rothman, J. M., Clarke, D. & Swedell, L. 2013. 30 days in the life: daily nutrient balancing in a wild chacma baboon. *PLoS One*, 8, e70383.
- Lambert, J. E. 2011. Primate nutritional ecology: feeding biology and diet at ecological and evolutionary scales. In: *Primates in Perspective* (Ed. by C. Campbell, A. Fuentes, K. C. MacKinnon, S. K. Bearder & R. M. Stumpf), pp. 512-522. New York: Oxford University Press.
- Mallott EK, Malhi, RS, and Garber PA. in press. High-throughput sequencing of fecal DNA to identify insects consumed by wild Weddell's saddleback tamarins (*Saguinus weddelli*, Cebidae, Primates) in Bolivia. *American Journal of Physical Anthropology*
- McCabe GM, Fernandez D, and Ehardt CL. 2013 Ecology of reproduction in Sanje mangabeys (*Cercocebus sanjei*): Dietary strategies and energetic condition during a high fruit period. *American Journal of Primatology* 75: 1196-1208.
- Norconk MA, Wright BW, Conklin-Brittain NL, Vinyard CJ. 2009. Mechanical and nutritional properties of food as factors in platyrrhine dietary adaptations. In Garber PA, Estrada A, Bicca-Marques JC, Heymann EW, Strier KB, editors. *South American Primates: Comparative Perspectives in the Study of Behavior, Ecology, and Conservation*. New York, NY: Springer. p 279-319.
- Pickett S, Bergey C, Di Fiore A. 2012. A metagenomic study of primate insect diet diversity. *Am J Primatol* 74: 622-631.
- Razgour O, Clare E, Zeale M, Hanmer J, Schnell IB, Rasmussen M, Gilbert TP, Jones G. 2011. High-throughput sequencing offers insight into mechanisms of resource partitioning in a cryptic bat species. *Ecol Evol* 1: 556-570
- Raubenheimer D and Rothman J. 2013. Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates. *Annual Review of Entomology* 58: 141-160.
- Raubenheimer, D., Simpson, S. J. & Mayntz, D. 2009. Nutrition, ecology and nutritional ecology: toward an integrated framework. *Functional Ecology*, 23, 4-16.
- Righini and Garber, 2012

- Righini, N. 2014. Primate Nutritional Ecology: The Role of Food Selection, Energy Intake, and Nutrient Balancing in Mexican Black Howler Monkey (*Alouatta Pigra*) Foraging Strategies. . Dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Rolls BJ and Moran TH, 2000. Evidence for caloric, but not macronutrient, compensation to preloads varying in fat and carbohydrate content in human subjects. In Berthoud H-, Seeley RJ, editors. *Neural Control of Macronutrient Selection*. New York: CRC Press. p 107-116.
- Rothman, J. M., Chapman, C. A. & Van Soest, P. J. 2012. Methods in primate nutritional ecology: a user's guide. *International Journal of Primatology*, 33, 542-566.
- Rothman, J. M., Raubenheimer, D. & Chapman, C. A. 2011. Nutritional geometry: gorillas prioritize non-protein energy while consuming surplus protein. *Biology Letters*, 7, 847-849.
- Schaefer HM, Schmidt V, and Wesenberg J. 2002. Vertical Stratification and Caloric Content of the Standing Fruit Crop in a Tropical Lowland Forest. *BIOTROPICA*, 34: 244-253. 2002.
- Sclafani A. 2000. Macronutrient-conditioned flavor preferences. In Berthoud H-, Seeley RJ, editors. *Neural Control of Macronutrient Selection*. New York: CRC Press. p 93-106.
- Shezad W, Riaz T, Nawaz M, Miquel C, Poillot C, Shah S, Taberlet P. 2012. Carnivore diet analysis based on next-generation sequencing: application to leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in Pakistan. *Mol Ecol* 21: 1951-1965.
- Simmen B, Tarnaud L, Marez A, Hladik A. 2014. Leaf chemistry as a predictor of primate biomass and the mediating role of food selection: A case study in a folivorous lemur (*Propithecus verreauxi*). *American Journal of Primatology* 76: 563-575.
- Simpson, S. J., Batley, R. & Raubenheimer, D. 2003. Geometric analysis of macronutrient intake in humans: the power of protein? *Appetite*, 41, 123-140.
- Simpson, S. J., Sibly, R. M., Lee, K. P., Behmer, S. T. & Raubenheimer, D. 2004. Optimal foraging when regulating intake of multiple nutrients. *Anim Behav*, 68, 1299-1311.
- Sterk EHM, Watts DP, and van Schaik CP. 1997. The evolution of female social relationships in primates. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 41: 291-309.
- Stiles EW. 1993. The influence of pulp lipids on fruit preference by birds. *Plant Ecology* 107-108: 227-235.

- Stricker DM. 2000. Specific appetites and homeostatic systems. In Berthoud H-, Seeley RJ, editors. *Neural Control of Macronutrient Selection*. New York: CRC Press. p 3-10.
- Sussman RW and Garber PA. 2011. Cooperation, collective action, and competition in primate social interactions. : In: *Primates in Perspective Vol 2*. C. J. Campbell, A. Fuentes, K. C. MacKinnon, S. Bearder, and R. Stumpf. Oxford University Press. p. 587-599.
- Van Schaik CP. 1989. The ecology of social relationships amongst female primates. In: Standen V and Foley RA (eds). *Comparative Socioecology: the behavioral ecology of huans and other mammals*. Blackwell, Oxford. p. 195-218.

CAPÍTULO 11

Uma avaliação das relações entre humanos e macacos-prego (*Sapajus* sp.) em um fragmento urbano no Sul do Brasil

Adriane Suzin¹, Janaína P. Back¹, Andrea Ciacchi² & Lucas M. Aguiar¹

¹Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza. Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA).

²Instituto Latino-Americano de Arte, Cultura e História, UNILA. Av. Tancredo Neves 6731, Bloco 6, PTI, Foz do Iguaçu-PR, Brasil. Cep: 85867-970.

E-mail: adrianesuzin@gmail.com.

Resumo

O crescimento urbano associado à devastação aproxima os humanos da vida selvagem e a fim de aprimorar o bem-estar de ambos, investigações interdisciplinares (*e.g.* Etnoprimatologia) fazem-se necessárias. Nós estudamos a percepção de pessoas das imediações de um pequeno fragmento florestal urbano em Foz do Iguaçu no Sul do Brasil, e suas interações com um grupo de macacos-prego (*Sapajus* sp.). Para a maioria dos entrevistados, as relações comunitárias, o bosque e os macacos são aspectos importantes do bairro. Os entrevistados dizem utilizar o bosque frequentemente e o consideram importante pelos serviços naturais, pelo lazer e pelos macacos. Quase todos gostam dos macacos, principalmente por eles serem divertidos, bonitos, semelhantes aos humanos e pertencerem à natureza. Dizem que não há comida o suficiente no bosque e assumem fornecer alimentos aos macacos. Simpatizam com a presença de visitantes e sugerem melhorias para o lazer e para os animais. As interações foram frequentes, principalmente afiliativas e em contexto de alimentação. Nossos resultados indicam uma percepção positiva

das pessoas quanto ao local e aos animais. Os humanos parecem se beneficiar psicologicamente enquanto que macacos com o aprovisionamento em um ambiente degradado. Embora a prática de alimentação da vida selvagem seja controversa, ambas as espécies adquiriram vantagens quando associadas, indicando uma relação além da comensal.

Palavras-chave: Alto Rio Paraná, Conservação, Etnoprimatologia, Valoração da natureza.

Abstract

Urban growth and forest devastation enhance wildlife and human contact, so that interdisciplinary research (*e.g.* Ethnoprimatology) is crucial for understanding such emerging interactions. We studied the perception of people in the vicinity of a small urban forest fragment and their interactions with a group of capuchin monkeys (*Sapajus* sp.) in Foz do Iguaçu, Southern Brazil. For the bulk of respondents, community relations, the forest, and the capuchin monkeys are the most important aspects of the neighborhood. Respondents say they use the forest often and consider it important for its natural resources, leisure activities, and the presence of monkeys. Almost everyone likes the monkeys, mainly because they are fun, endearing, similar to humans, and belong to nature. The respondents allege there is not enough food in the forest, and thus they do feed the monkeys. They sympathize with the presence of visitors and suggest improvements for leisure and for the animals. Human-monkey interactions were frequent, especially in affiliative and feeding context. Our results indicate a positive perception regarding the green area and the monkeys. Humans seem to benefit psychologically, while the monkeys seem to benefit with human supplies in a degraded environment. Although feeding wild animals is controversial, both species acquired mutual advantages, indicating a relationship beyond commensalism.

Keywords: Ethnoprimatology, Upper Paraná River, Values of nature conservancy.

1. Introdução

Muitas espécies de primatas são generalistas e possuem acentuada flexibilidade comportamental, características que permitiram aos humanos colonizarem

o globo, e a muitos primatas não-humanos a sobreviver em paisagens alteradas, incluindo remanescentes florestais inseridos na matriz urbana (Simpson 1980; Foley & Gamble 2009; Lowry *et al.* 2013). Como resultado, ambos foram postos em estreita relação, o que aumentou a incidência e a natureza de suas interações em um contexto moderno (Fuentes 2006). Nessas situações, sabe-se que os seres humanos influenciam indiretamente e diretamente na ecologia e no comportamento dos animais (Lowry *et al.* 2013), enquanto que a influência em sentido oposto é menos abordada e tende a ser focada na transmissão de doenças (Fuentes & Hockings 2010; Riley & Ellwanger 2013). As relações resultantes dependeriam não somente das características do ambiente e da espécie selvagem em questão, mas também de como as pessoas as percebem. As relações entre os humanos e a vida selvagem, particularmente com os primatas não-humanos, ocorrem de várias formas e têm sido objeto de investigações das Ciências Biológicas e da Antropologia (Fuentes & Hockings 2010; Riley & Ellwanger 2013). Enquanto as primeiras propõem uma descrição neutra do mundo físico, livre de valores, a segunda dá ênfase aos significados culturais alocados pelas pessoas (Ingold 2002).

Na Primatologia tradicional, as relações mais estudadas entre humanos e primatas não-humanos são as de transmissão de patógenos, predador-presa e as de conflitos em áreas agrícolas, onde humanos e outros primatas competem por espaço e alimento (Aharikundira & Tweheyo 2011; Nekaris *et al.* 2013; Riley & Ellwanger 2013), ou interação de forma comensal (Biosci 2011, Gautier & Biquand 1994). De acordo com esses estudos, os macacos são considerados, nos trópicos, os mamíferos que mais causam conflitos, principalmente por invadirem e se utilizarem de plantações humanas, casas e ambientes públicos. Por essas razões, algumas populações de macacos-prego no Sul do Brasil têm sido consideradas como populações-problema (Santos *et al.* 2007). Contudo, os estudos envolvendo esses animais geralmente descreveram ou quantificaram apenas a dieta ou a população dos primatas não-humanos, e poucos investigaram a percepção humana na problemática (Sabbatini *et al.* 2006).

A Antropologia, por outro lado, quando estuda os primatas não-humanos, tende a abordar as interações sócio-culturais e ambientais, o uso e as interpretações simbólicas desses animais pelos humanos (Fuentes &

Hockings 2010). Primatas não-humanos podem servir como ícones culturais, animais de estimação, membros familiares, mão-de-obra e objetos de estudo (Cormier & Urbani 2008; Fedigan 2010). As semelhanças evolutivas entre os dois grupos reforçam uma identificação física e comportamental, contribuindo para atribuição de humanidade aos animais (Hill & Webber 2010). Entretanto, esta atribuição pode influenciar relações tanto positivas quanto negativas. Humanos podem perceber os macacos como semelhantes a si e interagir de forma afiliativa, alimentando-os e protegendo-os (Orams 2002). Ao contrário, podem denegrir e condenar suas atitudes, considerando-os como “criminosos”, e contribuir assim para relações conflituosas (Hill & Webber 2010). A percepção humana influenciada por suas condições individuais, socioeconômicas, ecológicas e culturais é, em grande parte, responsável pelos tipos de relações com os demais primatas (Tuan 1980; Nekaris *et al.* 2013).

Diante das abordagens utilizadas pela Primatologia e Antropologia, a Etnoprimatologia tenta ligar as teorias e práticas das duas disciplinas a fim de entender as relações de diferentes culturas humanas com as espécies de primatas (Cormier & Urbani 2008). Essa abordagem torna-se útil para o entendimento de como a percepção das pessoas e suas atitudes refletem entendimentos e expectativas, e a relevância disso para facilitar a coexistência mútua (Hill & Webber 2010). Segundo Lee (2010), este ponto de vista pode gerar uma abordagem diferente para a conservação, na qual ambos os tipos de primatas podem ter condições para compartilhar benefícios nos mesmos espaços onde exercem seus nichos (*e.g.* Parathian & Maldonado 2010).

Em Foz do Iguaçu, Sul do Brasil, um grupo de macacos-prego (*Sapajus* sp.) habita um fragmento florestal urbano onde interage de forma constante com os seres humanos. Esse caso é frequentemente veiculado na mídia local, que enfatiza tanto as interações amistosas quanto as conflituosas. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar as relações humanas com os macacos-prego, através da abordagem interdisciplinar da Etnoprimatologia (Riley & Ellwanger 2013). As informações aqui obtidas podem subsidiar ações conservacionistas mais condizentes com o contexto local.

2. Material e métodos

2.1. Área e objetos de estudo

O fragmento florestal (25°28'56.1"S e 54°33'55.9"O) está inserido no domínio de Mata Atlântica de Interior (Ribeiro *et al.* 2009). Trata-se de um remanescente de 3,5 ha de Floresta Estacional Semidecidual alterada, localizado entre os bairros do Jardim Ipê e Jardim Ipê II, na região urbana de Foz do Iguaçu, Sul do Brasil. O fragmento dista aproximadamente 0,5 km do Centro de Controle de Zoonoses do município e 5 km do Rio Paraná. Localmente é conhecido como “Bosque do Jardim Ipê” (doravante, bosque) e é uma reserva técnica municipal de livre acesso ao público, cercada por residências, monoculturas e um campo de futebol. Árvores frutíferas exóticas são disseminadas, tais como: *Morus nigra*, *Mangifera* sp., *Psidium* sp., *Eriobotrya japonica* e *Persea americana*. Dentre as nativas destacam-se *Ficus* spp., *Syagrus romanzoffiana* e *Jacaratia spinosa*. No interior do fragmento há despejo ilícito de lixo doméstico.

Um grupo de macacos-prego de 17 indivíduos vive no bosque há pelo menos 30 anos. Os animais estão inseridos na região de distribuição natural de *Sapajus nigritus* (Aguiar *et al.* 2007), mas possuem pelagem de coloração loira que mais se assemelha à *S. cay*, sugerindo que foram introduzidos. Portanto, são aqui tratados como *Sapajus* sp. (Lynch-Alfaro *et al.* 2014). Os macacos podem forragear em recursos da mata, em descartes humanos e recebem alimentos de visitantes. É comum observá-los saindo do bosque para forragearem em monoculturas e em árvores frutíferas das casas vizinhas, e aproximadamente 70% da dieta desses animais é oriunda do meio antrópico (A. Suzin, dados não publicados). Durante o período de estudo os macacos não receberam alimentos ou outros cuidados de organizações públicas ou privadas.

A comunidade do entorno do bosque vive em bairros que estão inseridos em uma região que compreende aproximadamente 9% da população do município - disponível no endereço eletrônico da Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu para o ano de 2003. Segundo relatório técnico (Uniamérica 2004), aproximadamente 70% das famílias dos Jardins Ipês ganham até dois salários mínimos, e somente 11% tem renda maior que quatro salários. Apenas 2% nasceram em Foz do Iguaçu.

2.2. Coleta e análise de dados

2.2.1. Das entrevistas

Para estudar a percepção das pessoas foi aplicado verbalmente (Sha *et al.* 2009) um formulário semiestruturado com 56 perguntas (61% fechadas e 39% abertas). Para aumentar as chances de êxito na obtenção das respostas, seguiram-se abordagens de diálogo recomendadas (Albuquerque 2010), que foram testadas em fase piloto para adequação e validação da linguagem e do formulário. As perguntas basearam-se em aspectos do perfil dos entrevistados (*e.g.* gênero, idade, escolaridade, profissão, etc.), suas percepções sobre o local (*e.g.* atrativos do bairro, importância e estado de conservação da floresta, etc.), sobre os macacos (*e.g.* nome popular, se conhecem suas características, se gostam deles, se sabem o que comem, se invadem áreas, etc.), e suas perspectivas quanto à situação do bosque e dos macacos (*e.g.* ações de órgãos públicos, possibilidade de turismo, etc.).

As entrevistas ocorreram entre fevereiro de 2011 e janeiro de 2012 e a população de interesse compreendeu as pessoas que se encontravam nas imediações ou no interior do bosque. Os entrevistados foram selecionados por conveniência e pelo procedimento de “bola de neve”, conforme a disponibilidade (Bernard 2006; Albuquerque 2010). As respostas foram escritas pelas entrevistadoras na presença do participante (Sha *et al.* 2009) e em seguida foram distribuídas em categorias criadas *a posteriori* baseadas no método *Grounded Theory* (Bernard 2006). O número de registros para cada categoria foi dividido pelo número total de entrevistados e o valor obtido foi expresso em porcentagem (Nekaris *et al.* 2013). Para cada entrevistado, foi explicado que as informações seriam utilizadas para fins de pesquisa acadêmica e, desta forma, perguntou-se à eles se aceitavam conceder a entrevista, o que configurou um consentimento informal do pesquisado (Cardoso de Oliveira 2004; Debert 2004). Destaca-se que os dados das entrevistas refletem somente a opinião ou relato das pessoas e não representam, necessariamente, a verdade.

2.2.2. Das interações observadas

Para estudar as interações entre as duas espécies, o grupo de macacos foi acompanhado durante três dias mensais, das 07:00h às 17:00h, entre janeiro e março de 2012, o que totalizou 90 horas de observação direta. Para a coleta de

dados utilizou-se o método de todas as ocorrências com as descrições feitas *ad libitum* (Altmann 1974). Considerou-se um evento de interação a aproximação ou outra forma de comportamento de indivíduo(s) de uma espécie em direção à outra, modificando o estado da segunda. Para cada evento foi registrado a hora do dia, o número de pessoas envolvidas, e a natureza e o contexto das interações, sendo afiliativas (*e.g.* alimentação), agonísticas (*e.g.* ameaças) e outras (*e.g.* visitante imitando os animais) (Tabela 1). Para testar se o número de eventos e o de pessoas envolvidas diferiram entre o período da manhã e da tarde, e entre os finais de semana e demais dias, foram utilizados o Teste *t* e o Teste de Mann-Whitney, respectivamente - ambos com intervalo de confiança de 95%. As análises foram escolhidas após a verificação da normalidade dos dados através do Teste de Shapiro-Wilk.

3. Resultados

3.1. Das entrevistas

3.1.1. Perfil dos entrevistados

Foram entrevistadas 59 pessoas com idades entre 9 e 90 anos, sendo a maioria adulta (54%) e do sexo masculino (56%). As entrevistas foram realizadas nos seus domicílios (61%), no bosque (22%), no local de trabalho (12%) e na rua (5%). A grande maioria (80%) reside nos bairros (Jardim Ipê e Jardim Ipê II) há, em média, 7,5 anos, e grande parte (60%) residia em outros bairros do município antes de viverem ali. Mais da metade possui apenas o ensino fundamental incompleto (53%) e a maioria relativa foi de aposentados (24%), embora as ocupações tenham sido diversas ($n=6$).

3.1.2. Da percepção sobre o local

Para os entrevistados, características como uma pacífica relação comunitária (56%), o bosque (24%) e os macacos (20%) foram os principais aspectos interessantes do bairro. A grande maioria disse considerar o bosque importante (85%), sobretudo pelos serviços naturais oferecidos (56%) (*e.g.* sombra e oxigênio), pelo lazer (20%) e pela presença dos macacos (17%). Aspectos negativos também foram mencionados, dentre eles a ocorrência de atividades ilícitas

(10%) (*e.g.* uso de drogas) e a potencial ameaça da presença de pessoas estranhas (3%). Quase todos disseram que a floresta deveria permanecer no bairro (90%) e ter sua área ampliada (46%), ou simplesmente mantida (39%).

Grande parte dos entrevistados disse ter o costume de ir ao bosque (83%), principalmente pela tarde (39%), e nos finais de semana, férias e feriados (61%). Disseram utilizar o bosque para o lazer (55%), para encurtar o caminho diário (atalho) (35%), para alimentar e ver os macacos (29%), além de usufruir dos serviços naturais do bosque (14%). Segundo os entrevistados, as outras pessoas utilizam o bosque para os mesmos fins, mas diferentemente deles, elas praticam ali atividades ilícitas (49%).

3.1.3. Da percepção sobre os macacos

Todos os entrevistados afirmaram saber a existência de macacos no local, mas em geral a maioria disse desconhecer a origem dos animais (95%). Mais da metade disse não saber o nome popular dos macacos (53%). Dos que souberam, a maioria afirmou ser “macaco-prego” (72%), outros mencionaram “chico” (28%), e um entrevistado disse “macaco-leão”. Grande parte disse não saber diferenciar os macacos através do sexo e idade (69%), tampouco por características individuais (58%), e atribuíram o nome de “chico” (59%) para qualquer um deles. Aqueles que disseram saber diferenciar (41%), o fazem principalmente por características morfológicas ou de idade (71%), ou então de comportamento (29%). As pessoas salientaram que os macacos mais atraentes são os menores, os filhotes e os jovens (59%), seguidos de “todos são atraentes” (24%). A atração relatada pelos entrevistados relacionou-se aos atributos comportamentais (58%), sobretudo ao cuidado materno direcionado aos jovens (35%). A atração pelos atributos físicos (17%) foi em sua maioria relacionada à beleza dos animais (90%). Embora grande parte dos entrevistados afirmou possuir animal de estimação (76%), mais da metade não gostaria de ter os macacos nesta condição (69%).

Quase todos os entrevistados disseram que gostam dos macacos (81%) e pouquíssimos relataram o contrário (7%). Os que gostam mencionaram como causas: os animais são divertidos (35%), bonitos (25%), semelhantes aos humanos (19%), parte da natureza (17%), interação com o homem (13%), são

inteligentes (10%), dóceis (6%), inofensivos (4%), interessantes (4%), vêm até as casas (4%), ou por outros motivos (6%).

Grande parte disse gostar de interagir com os macacos (63%) e apenas duas pessoas falaram o contrário (3%) - muitos não responderam a esta pergunta (32%). O motivo principal da interação foi para alimentá-los (30%), por que os macacos se aproximaram (11%), por afeição ao comportamento deles (8%), pela beleza (8%), pela diversão (8%), por serem semelhantes aos humanos (5%) e porque simplesmente os macacos interagem (5%).

Em relação à alimentação dos macacos, grande parte disse que o bosque não tem comida suficiente para esses animais (81%). Quando perguntados o que os macacos comem, as respostas mais frequentes foram os frutos e outras partes vegetais cultivadas pelos humanos (95%), alimentos industrializados (39%), “de tudo” (22%), vegetais da própria floresta (20%), bebidas alcoólicas (7%) e aves (3%).

Quase todos os entrevistados mencionaram que já alimentaram os macacos (90%), fornecendo, sobretudo, frutos e outros cultivos humanos (98%), e alimentos industrializados (44%). Quase todos afirmaram já ter visto outras pessoas alimentando os animais (90%), principalmente com os mesmos itens acima, e poucos disseram ter visto o fornecimento de bebidas alcoólicas a eles (8%).

Equilibradas foram as respostas que afirmaram (42%) e negaram (39%) que os macacos invadem as plantações dos moradores do entorno – alguns disseram não saber (19%). A maioria relativa disse que os macacos entram nas casas ao redor do bosque (46%), principalmente para procurar alimentos (78%). Segundo os entrevistados, os moradores não gostam da visita dos animais às casas (44%), contudo, muitos disseram não se incomodar caso os macacos entrassem em suas residências (61%). A maioria disse que nunca viu os animais roubando objetos (71%) ou atacando as pessoas (81%), da mesma forma que afirmaram nunca ter visto os macacos atacando os animais domésticos (83%). A maior parte dos entrevistados nunca presenciou maus-tratos aos macacos (71%), e poucos disseram ter presenciado (22%).

Os entrevistados disseram que os macacos não são sujos (66%), mas podem transmitir doenças (47%). É aproximadamente igual o número de pessoas que afirmaram que os macacos mexem (49%) ou não mexem no lixo (44%). Dos

que disseram que os macacos mexem no lixo, referiram-se como motivo principal a busca de alimentos (79%). Os entrevistados apontaram que o lixo existente no bosque é levado até lá pelas próprias pessoas (78%), e apenas duas pessoas disseram que são os macacos que levam o lixo para o bosque (3%). Cerca de 10% relataram que a presença do lixo no bosque se deve ao transporte feito pelas duas espécies – homem e macaco.

A maioria dos entrevistados disse desconhecer macacos em vida livre em outras áreas (64%). Os que conhecem (34%) relataram a ocorrência de macacos em áreas do próprio município (45%), como por exemplo, nas matas da vizinha Hidrelétrica de Itaipu Binacional, no Parque Nacional do Iguaçu e em dois zoológicos locais: no Parque das Aves (zoológico privado) e no Bosque Guarani (zoológico municipal). A mesma proporção relatou a ocorrência em outros municípios do Brasil (45%) e poucos em países fronteiriços (15%).

3.1.4. Das perspectivas dos entrevistados

A maioria dos entrevistados afirmou que os macacos vivem bem no bosque (54%), mas houve muitos que disseram o contrário (39%). Em geral, as pessoas relataram que está faltando comida (49%) e cuidado dos órgãos públicos (12%) para com os animais. A maioria dos entrevistados desejou que os macacos permanecessem no local (73%) e sugeriram que a prefeitura faça a limpeza e proíba o despejo de lixo (54%), e revitalize o bosque (39%). Apenas dois entrevistados (3%) desejaram a retirada dos animais do local. Os entrevistados também sugeriram que os órgãos públicos executem ações voltadas para o cuidado e alimentação dos macacos (29%), que promovam a segurança local (25%), fomentem o turismo (14%) e o lazer (12%) no bosque. Grande parte disse simpatizar com a visita de pessoas de outros lugares com o intuito de observar os macacos (76%) e apenas dois entrevistados não simpatizaram (3%).

3.2. Das interações observadas

Foram observadas 122 pessoas em 63 eventos de interação com os macacos (0,7 eventos/h; média = 1,9; D.P. \pm 1,2 pessoas/evento). As interações foram principalmente afiliativas (91%, Tabela 1) e envolveram eventos de alimentação

(33,3%), chamados (33,3%) ou observação dos animais por parte dos humanos (33,3%). Os alimentos fornecidos compreenderam frutos cultivados pelos humanos (77%) e alimentos industrializados (23%). As interações agonísticas foram minoritárias (6%) e não foram verificadas agressões. Macacos e humanos interagiram ao longo de todo o período diurno amostrado e o número de interações e de pessoas envolvidas não diferiu entre a manhã e a tarde ($t=0,1195$; $g.l=16$; $p=0,0554$; $t=-0,27$; $g.l=8$; $p=0,081$, respectivamente) (Tabela 2). Da mesma forma, tanto as interações quanto o número de pessoas envolvidas não diferiram entre os finais de semana e os demais dias ($U=38$; $p=0,18$; $U=31,15$; $p=0,081$, respectivamente) (Tabela 3).

Tabela 1. Tipos de interações, descrição dos comportamentos e frequência de interações observadas entre humanos e macacos-prego (N=63)

Interações	Descrição dos comportamentos	n/h
Afiliativas	Visitante oferece alimento, chama, observa e/ou contempla os animais	0,63
Agonísticas	Visitante xinga, ameaça e/ou atira objetos nos animais	0,04
Outras	Visitante conversando com, e/ou imitando os animais	0,02

Tabela 2. Frequência de interações e de pessoas envolvidas no período da manhã (n=32 interações; n=59 pessoas) e da tarde (n=31 interações; n=63 pessoas)

	Manhã	Tarde
Número de eventos / hora	0,71	0,69
Número de pessoas / evento	1,84	2,03

Tabela 3. Frequência de interações e de pessoas envolvidas durante os dias da semana (n=26 interações; n=46 pessoas; 50 h) e dos finais de semana (n=37 interações; n=76 pessoas; 40 h)

	Durante a semana	Final de semana
Número de eventos / hora	0,52	0,92
Número de pessoas / evento	1,77	2,05

4. Discussão

Os entrevistados como um todo vivem há pouco tempo no bairro e residiam anteriormente em outros lugares do município. A maioria possui baixa escolaridade, são assalariados, e muitos são aposentados. Do ponto de vista dessas pessoas, o bosque e os macacos são peculiaridades do bairro, e são importantes como formas de lazer e bem-estar.

O uso do bosque foi frequentemente narrado nas entrevistas, particularmente nos finais de semana. Apesar do uso como atalho ter sido bastante citado – um valor utilitarista da natureza (Kellert 1993) –, a frequente utilização em dias não-comerciais, concorda com a perspectiva de que os humanos buscam a aproximação e o contato com ambientes naturais pela sensação de bem-estar nas horas vagas – um valor naturalista (Kellert 1993; Parsons 1995; Fuller *et al.* 2013). Espaços verdes urbanos podem ser procurados como locais que aproximam o ser humano da natureza, gerando benefícios físicos e psicológicos (Virue's-Ortega & Bucla-Casal 2006; Fuller *et al.* 2013). Entretanto, diferentemente do narrado, o número de interações e de pessoas interagindo com os macacos não diferiu entre os períodos do dia e tampouco foi maior nos finais de semana. Isso pode indicar que as pessoas frequentam o lugar para aproveitar outras atividades e atrativos, como de fato mencionaram, e não necessariamente para interagir com os animais.

Macacos são animais carismáticos, carregados de aspectos antropomórficos, o que pode influenciar diretamente na popularidade desses animais (Hill & Webber 2010; Parathian & Maldonado 2010). Em geral, os entrevistados afirmaram ser atraídos pelos macacos menores ou jovens, principalmente pelos aspectos comportamentais e físicos. Curiosamente, o cuidado maternal foi bastante citado, o que pode estar relacionado à percepção de que os macacos menores, assim como os recém-nascidos humanos, necessitam de cuidados especiais para a sobrevivência – um valor humanista da natureza (Kellert 1993). Outros aspectos mencionados tais como “dóceis” e “inofensivos” parecem relacionar os macacos à “criaturas delicadas” enquanto que a “beleza”, o “divertimento” e por “serem parte da natureza” parecem se relacionar a valores de cunho estético e naturalista (Kellert 1993).

As pessoas tendem a se aproximar dos animais de modo que quanto mais estreito for o contato maior pode ser a sensação de bem-estar (Virue's-Ortega & Buéla-Casal 2006, Fuller *et al.* 2013). Conforme as entrevistas, as pessoas em geral afirmaram gostar de interagir com os macacos, e citaram como contexto principal o fornecimento de alimento para os animais. Este aprovisionamento poderia estar associado a dois motivos não-excluentes: (1) ao fato de que o fornecimento de alimentos pode ser uma ferramenta bastante útil para aumentar a proximidade entre os dois tipos de primatas - uma condição utilitarista para o contato direto com a vida selvagem (Orams 2002); e (2) ao “zelo” que as pessoas possuem e que se justificaria principalmente à percepção de insuficiência de alimentos no bosque para os macacos (Leite *et al.* 2011). Neste caso, a alimentação ganharia um valor moralista de conservação da natureza (Kellert 1993). Independentemente do motivo, as pessoas estariam apreciando a situação de estreito contato com os macacos e se beneficiando psicologicamente. Por outro lado, os macacos estariam se favorecendo com um importante suplemento alimentar que, pelas pequenas dimensões do bosque e seu estado de alteração ambiental, poderia ser crucial para a sobrevivência. Embora a prática de fornecer alimentos aos animais selvagens seja eticamente controversa, considerando as possíveis mudanças comportamentais e os riscos à saúde (Orams 2002; Fedigan 2010), o aprovisionamento pode representar uma fonte adicional de recursos onde a oferta natural é bastante reduzida, ao mesmo tempo servindo como instrumento para o contato com a natureza (Orams 2002).

Além da alimentação, o segundo maior motivo de interação citado foi o fato de os animais se aproximarem, o que parece mostrar que esses macacos perderam o medo dos humanos (Leite *et al.* 2011) e os associam com alimentos (Sharma *et al.* 2010). Ao contrário de outros estudos (*e.g.* McCarthy 2009), os macacos do bosque não emitiram comportamentos agressivos aos humanos durante o aprovisionamento. Um aspecto intrigante é o fato de que, apesar da maioria julgar que ali faltam alimentos para os animais, mais da metade dos entrevistados considera que os macacos vivem bem no bosque. Finalmente, as interações observadas se contrapõem às entrevistas, já que o contexto principal observado não foi a alimentação - os registros observados foram distribuídos

proporcionalmente nos contextos de alimentação, chamados e observação. Esses resultados indicam que o fornecimento de alimentos não é necessariamente o principal fator responsável pela aproximação entre os humanos e os macacos, e que os humanos podem buscar apenas contatos visuais dos animais.

Interessante também foi que os entrevistados não se importaram em confirmar a prática de alimentar os animais, incluindo o fornecimento de alimentos industrializados. O que os entrevistados mostraram saber sobre a dieta dos animais parece estar mais relacionado com a dieta local dos macacos, ou mesmo com a dieta de animais cativos, do que com a dieta de macacos-prego em ambientes próximos ao pristino. Além deste aparente desconhecimento sobre o hábito alimentar “natural” dos animais, a ausência de campanhas de proibição por órgãos públicos ou outras formas de sensibilização sobre as consequências de se alimentar a vida selvagem pode contribuir para a sinceridade nas entrevistas (Sabbatini *et al.* 2006).

As pessoas possuem, aparentemente, pouco conhecimento em relação aos demais aspectos da biologia desses primatas (Sabbatini *et al.* 2006), não sendo capazes de diferenciar os animais quanto ao sexo, idade ou mesmo características individuais. Constatou-se que nenhum dos entrevistados sabe o nome científico dos animais e mais da metade desconhece o nome popular “macaco-prego”. Nenhum outro nome popular regional foi mencionado. Em geral, os entrevistados utilizam o nome “chico” para se referirem a qualquer macaco do bosque.

Os entrevistados não veem os animais como sujos e, mesmo aqueles que afirmaram que os macacos mexem e transportam o lixo, justificaram esse comportamento para a busca de alimentos. As pessoas, portanto, não percebem os macacos como veículos de poluição ambiental, já que atribuem a presença do lixo no bosque principalmente à ação humana. Em contrapartida, as pessoas consideram os macacos como transmissores de doenças causadas por alguns ciclos zoonóticos, como, por exemplo, o da febre amarela e o da raiva. Embora o papel que os macacos possuem na transmissão dessas doenças seja controverso (Bicca-Marques & Freitas 2010; Gautret *et al.* 2014), o discernimento dos entrevistados pode estar relacionado à existência de um centro de controle de zoonoses nas proximidades.

Nossos resultados apontam que o conflito entre as pessoas e os macacos é muito baixo em comparação a outros estudos (Riley & Priston 2010; Aharikundira & Tweheyo 2011; Nekaris *et al.* 2013). Não houve registros diretos de ataques de macacos às pessoas, aos animais domésticos e às plantações, tampouco registros de maus-tratos aos macacos. Essas interações também foram citadas de forma infrequente nas entrevistas. Mesmo que o bosque seja circundado por plantações, é justificável que os conflitos associados à invasão de cultivos tenham sido inexpressivos quando comparado a outros estudos, uma vez que a economia das pessoas entrevistadas não se baseia na agricultura. Ademais, embora houvesse relatos de que os macacos adentram nas casas principalmente para buscar alimentos, as pessoas asseguraram que não se incomodariam se os animais fossem até as suas residências. Tais resultados parecem expressar certo nível de tolerância, pois há poucos impactos negativos para os humanos e, consequentemente, para os macacos (Hockings & Sousa 2012). Nesse contexto, a baixa incidência de relatos envolvendo atitudes negativas dos humanos em direção aos macacos permite inferir que há uma relação não-conflituosa entre as duas espécies. Não descartamos aqui, que o pouco tempo de vivência dos moradores no bairro e suas procedências podem também desempenhar um papel na relação observada. Grande parte relatou o desconhecimento (por conseguinte, a falta de convivência) de macacos em vida-livre em outras áreas. Assim, a relação amistosa observada pode ser resultante da neofilia humana.

Finalmente, grande parte dos entrevistados relatou simpatizar com a vinda de pessoas de outras localidades para observar os macacos. Mais do que isso, percebem as potencialidades locais para atividades de lazer e de turismo, e desejam a tomada de ações favoráveis por parte dos órgãos públicos para a revitalização do bosque e a manutenção dos animais. Essa posição favorável e o cuidado com os animais indicam a importância destes para as pessoas, e a elevada frequência de uso do bosque e a de interações com os macacos parece colocar a vida selvagem como parte das atividades cotidianas. Neste sentido, a vida selvagem local ganha um valor cultural enriquecedor para o ambiente urbano (Ditchkoff *et al.* 2006). A revitalização do bosque que dependeria de um compromisso entre o

enriquecimento do hábitat ecológico e da estética da paisagem (Parsons 1995) seria fundamental para manter e aprimorar o compartilhamento das atividades de humanos e macacos em longo prazo (Parathian & Maldonado 2010).

Em resumo, nossos resultados à luz da Etnoprimatologia, indicam que os humanos têm uma percepção positiva quanto à existência do bosque e uma relação afiliativa com os macacos-prego, e aspiram por melhorias do local, incluindo o bem-estar animal. Neste cenário, inferimos que, ao mesmo tempo em que o bosque e os macacos contribuem com a valoração do local e com o bem-estar dos humanos (Orams 2002, Fuller *et al.* 2013), os animais são favorecidos com a atenção dos moradores e com um importante provisão alimentar, talvez crucial para a sobrevivência. Embora as duas espécies sejam aptas a viver independentemente na natureza e em melhor situação, ambas adquiriram vantagens recíprocas quando associadas nas imediações do bosque, o que indica uma relação para além do comensalismo, e sugere a existência de uma proto-cooperação (Odum 2007).

Agradecimentos

À UNILA e à Fundação Araucária pelo fomento do projeto e pelas bolsas de iniciação científica das duas autoras. Aos editores e a um revisor anônimo pelos comentários. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Pesquisa da UNILA e autorizado pela Secretaria de Meio Ambiente do Município de Foz do Iguaçu.

Referências

- Aguiar LM, Ludwig G, Svoboda WK, Hilst CLS, Navarro IT, Passos FC. 2007. Occurrence, local extinction and conservation of Primates in the corridor of the Upper Paraná River, with notes on other mammals. *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 898-906.
- Aharikundira M, Tweheyo M. 2011. Human-Wildlife Conflict and Its Implication for Conservation around Bwindi Impenetrable National Park. *USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-64: 39-44.*
- Albuquerque UP, Lucena RFP, Cunha LVFC. 2010. Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica. Recife: NUPPEA, 559p.
- Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.

- Bernard HR. 2006. Research methods in anthropology: qualitative and quantitative approaches. Lanham: Altamira Press. 803p.
- Bicca-Marques JC, Freitas DS. 2010. The role of monkeys, mosquitoes and humans in the occurrence of a yellow fever outbreak in a fragmented landscape in south Brazil: protecting howler monkeys is a matter of public health. *Tropical Conservation Science* 3: 78-89.
- Biosci J. 2011. Less than wild? Commensal primates and wildlife conservation. *Indian Academy of Sciences* 36: 749-753.
- Cardoso de Oliveira LR. 2004. Pesquisas em versus Pesquisas com seres humanos. In: Vítora C, Oliven RG, Maciel ME, Oro AP. *Antropologia e Ética: o debate atual no Brasil*. Niterói: Eduff. 207p.
- Cormier LA, Urbani B. 2008. The Ethnoprimateology of spider monkeys (*Ateles* spp.): from past to present. In: Campbell CJ (Ed.). *Spider Monkeys: Behavior, Ecology and Evolution of the Genus Ateles*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 377-403.
- Debert GG. 2004. Ética e as novas perspectivas da pesquisa antropológica. In: Vítora C, Oliven RG, Maciel ME, Oro AP. *Antropologia e Ética: o debate atual no Brasil*. Niterói: Eduff. 207p.
- Ditchkoff SS, Saalfeld ST, Gibson CJ. 2006. Animal behavior in urban ecosystems: Modifications due to human-induced stress. *Urban Ecosystems* 9: 5-12.
- Fedigan LM. 2010. Ethical issues faced by field primatologists: asking the relevant questions. *American Journal of Primatology* 72: 754-771.
- Foley R, Gamble C. 2009. The ecology of social transitions in human evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364: 3267-3279.
- Fuentes A. 2006. Human-nonhuman primate interconnections and their relevance to Anthropology. *Ecological and Environmental Anthropology* 2: 1-11.
- Fuentes A, Hockings KJ. 2010. The Ethnoprimateological Approach in Primatology. *American Journal of Primatology* 72: 841-847.
- Fuller RA, Irvine KN, Devine-Wright P, Warren PH, Gaston KJ. 2013. Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biology Letters* 3: 390-394.
- Gautier JP, Biquand S. 1994. Primate commensalism. *Revue d'Ecologie* 49: 210-212.
- Gautret P, Blanton J, Dacheux L, Ribadeau-Dumas F, Brouqui P, Parola P, Epositos DH. 2014. Rabies in Nonhuman Primates and Potential for Transmission to Humans: A Literature Review and Examination of Selected French National Data. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 8: 1-7.

- Hill CM, Webber AD. 2010. Perceptions of nonhuman primates in human-wildlife conflict scenarios. *American Journal of Primatology* 72: 919-924.
- Hockings KJ, Sousa C. 2012. Differential utilization of cashew - a low conflict crop - by sympatric humans and chimpanzees. *Oryx* 46: 375-381.
- Ingold T. 2002. *The perception of the environment: essays on livelihood, dwelling, and skill*. London: Routledge, 480p.
- Kellert SR. 1993. The biological basis for human values of nature. In: Kellert SR, Wilson EO (Eds.) *The Biophilia Hypotheses*. Washington D.C.: Island Press, p. 42-69.
- Lee PC. 2010. Sharing space: can ethnoprimateology contribute to the survival of nonhuman primates in human-dominated globalized landscapes? *American Journal of Primatology* 72: 925-931.
- Leite GC, Duarte MHL, Young RJ. 2011. Human-marmoset interactions in a city park. *Applied Animal Behaviour Science* 132:187-192.
- Lowry H, Lill A, Wong BBM. 2013. Behavioural responses of wildlife to urban environments. *Biological Review* 88: 537-549.
- Lynch-Alfaro JW, Izar P, Ferreira RG. 2014. Capuchin monkey research priorities and urgent issues. *American Journal of Primatology* 76: 705-720.
- McCarthy MS, Matheson MD, Lester JD, Sheeran LK, Li J, Wagner S. 2009. Sequences of Tibetan Macaque (*Macaca thibetana*) and Tourist Behaviors at Mt. Huangshan, China. *Primate Conservation* 24: 145-151.
- Nekaris KA, Boulton A, Nijman V. 2013. An ethnoprimateological approach to assessing levels of tolerance between human and commensal non-human primates in Sri Lanka. *Journal of Anthropological Sciences* 91: 1-14.
- Odum EP, Barrett GW. 2007. *Fundamentos de Ecologia*. Pioneira Thomson, 632p.
- Orams MB. 2002. Feeding wildlife as a tourism attraction: a review of issues and impacts. *Tourism Management* 23: 281-293.
- Parathian HE, Maldonado AM. 2010. Human-nonhuman primate interactions amongst Tikuna people: perceptions and local initiatives for resource management in Amacayacu in the Colombian Amazon. *American Journal of Primatology* 72: 855-865.
- Parsons R. 1995. Conflict between ecological sustainability and environmental aesthetics: Conundrum, candid or curiosity. *Landscape and Urban Planning* 32: 227-244.

- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141-1153.
- Riley EP, Priston NEC. 2010. Macaques in Farms and Folklore: Exploring the Human-Nonhuman Primate Interface in Sulawesi, Indonésia. *American Journal of Primatology* 71: 1-7.
- Riley EP, Ellwanger AL. 2013. Methods in ethnoprimateology: exploring the human-non-human primate interface. In: Sterling EJ, Bynum N, Blair ME (Eds.). *Primate Ecology and Conservation: a handbook of techniques*. Oxford: Oxford University Press, p. 128-150.
- Sabbatini G, Stammati M, Tavares MCH, Giuliani V, Visalberghi E. 2006. Interactions between humans and capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in the Parque Nacional de Brasília, Brazil. *Applied Animal Behaviour Science* 97: 272-283.
- Santos CV, Moraes Jr MM, Oliveira MM, Mikich SB, Ruiz Miranda CR, Moore KPL. 2007. Ecologia, manejo e comportamento de primatas invasores e populações-problema. In: Bicca-Marques JC (Ed.). *A Primatologia no Brasil* 10. Porto Alegre, p. 101-118.
- Sha JCM, Gumert MD, Lee BPY-H, Jones-Hengel L, Chan S, Fuentes A. 2009. Macaque-Human interactions and the societal perceptions of macaques in Singapore. *American Journal of Primatology* 71: 825-839.
- Sharma G, Vijay P, Devilal, Ram C, Rajpurohit LS. 2010. Study of the impact of tourists and local visitors / feeders on free-ranging Hanuman langur population in and around Jodhpur, Rajasthan (India). *Journal of Applied and Natural Science* 2: 225-229
- Simpson GG. 1980. *Splendid isolation: the curious history of South American mammals*. New Haven: Yale University Press, 266p.
- Tuan Y. 1980. *Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. São Paulo: Difel, 289p.
- Uniamérica. 2004. Programa de revitalização ambiental da sub-bacia do Rio Mathias Almada, Foz do Iguaçu. Parte I, II e III.
- Virue's-Ortega J, Bucla-Casal G. 2006. Psychophysiological Effects of Human-Animal Interaction, Theoretical Issues and Long-Term Interaction Effects. *The Journal of Nervous and Mental Disease* 194: 52-57.

CAPÍTULO 12

Snake incident as a limiting factor in the process of reintroduction of lion tamarins to their habitat. *Leontopithecus* Lesson, 1840 (Callitrichidae-Primates)¹

Alcides Pissinatti, Walker Nunes Chagas, João Batista da Cruz,

Sabrina Toledo de Araújo & Benjamin B. Beck

ABSTRACT

Three cases of snake envenomation incident, two of them occurring during the process of reintroduction of *Leontopithecus* to their natural habitat, were studied. The lion tamarins had been kept in captivity with no previous experience in the wild. One case was caused by *Bothrops jararaca* bite, and two were caused by the ingestion of *Micrurus coralinus*. *Bothrops* caused hemorrhage and edema in muscles of the affected limb, and hemorrhage in the stomach, lungs and pancreas. Microscopically, renal glomerular hyperemia, and areas of necrosis and hemorrhage in the pancreas were seen. The two cases of *Micrurus* envenomation caused pulmonary hemorrhage, heart dilation and marked gastric distention. Microscopically, the hepatocytes were vacuolated and their nuclei were pyknotic and shifted to the periphery; and the lungs were congested and edematous. The gross and microscopic changes in one of the individuals were the ones described for *Bothrops* toxicosis; in the other two, *Micrurus coralinus* specimens were thought to be actually predated, as through the presence of the specimens in the stomach, and the changes were considered to be associated with *Micrurus* venom toxicosis due to the ingestion of the snake, the venom probably being absorbed in the intestine. These incidents with endangered lion tamarins should be considered as one of the limiting factors when

reintroduction programs for reinforcement or repopulation of fauna are being designed, and some training should be conducted with these tamarins before actual release in their target habitats.

INDEX TERMS: Snake incident, lion tamarins, reintroduction, *Leontopithecus*, primates.

RESUMO

Foram estudados três casos de acidente ofídico durante o processo de repovoamento com *Leontopithecus* oriundos de cativeiro e sem experiência prévia na natureza. Um caso por *Bothrops* e dois por *Micrurus*. O acidente botrópico causou hemorragia e edema muscular no membro afetado, e também no estômago, pulmões e pâncreas. Microscopicamente hiperemia glomerular renal, áreas de necrose e hemorragia no pâncreas. Nos casos por *Micrurus* as lesões internas mostram pulmões hemorrágicos e coração globoso, estômago com parede flácida. Microscopicamente o fígado com células vacuolizadas com núcleos isolados e aspecto preservado. Os pulmões com congestão venosa capilar e edema intersticial. As alterações macro e microscópicas observadas nos órgãos de humanos após acidente ofídico, quando comparados com o resultado de experimentos em animais, pouco diferem, porém, nesse estudo algumas são particularmente diferentes talvez devido ao fato de que houve ingestão da peçonha. Há necessidade de melhor compreensão sobre a sua toxicidade dependendo da via de inoculação, principalmente do ponto de vista da conservação de espécies.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Acidente ofídico, micos leões, repovoamento, *Leontopithecus*, Primatas.

INTRODUCTION

Lion tamarins are a group of four species of *Leontopithecus* belonging to the *Callitrichidae* family, all of which are endemic in the Brazilian Atlantic Rain Forest. The species includes: *Leontopithecus rosalia* (golden lion tamarin), which inhabits forests in Rio de Janeiro State; *Leontopithecus chrysomelas* (golden-headed lion tamarin), endemic to the southern region of Bahia State; *Leontopithecus chrysopygus* (black lion tamarin), from São Paulo State; and

the extremely rare *Leontopithecus caissara* (black-faced lion tamarin), whose geographical distribution encompasses the extreme south of São Paulo State and the Superagui Island, in Paraná State (Coimbra-Filho 1970, Montali et al. 1995). The current distributions result from the climatic changes that occurred during the Pleistocene and Late Tertiary periods, which eliminated the lowland forests, culminating in isolated populations (Rylands et al. 1992). These species are classified as endangered as CITES 1 in the IUCN list of threatened species (IUCN 2004), and one of them (*Leontopithecus rosalia*) was the subject of global efforts involving the international zoo community and several researchers in a very successful reintroduction program to reinforce a declining population estimated in the range of remaining 300 individuals only (Kleiman, 1989).

To reintroduce an endangered species to its natural habitat is an attractive way to save rare species (Kleiman 1989). However, the reintroduction programs face a series of obstacles, such as the lack of appropriate habitat, logistic problems, in addition to difficulties with devices for monitoring the animals after their release; such devices allow us to discover how captive animals obtain a behavioral repertoire comparable to those of the wild species, and how vicissitudes occur (Kleiman, 1989; Kleiman et al. 1986, Beck et al. 1994).

It is also worth mentioning the risks associated with several diseases which may not only limit the reintroduction process itself, but also generate catastrophes that may extinguish a remaining wild population of the same or even other species of the ecosystem (Bush et al. 1993).

To ensure the survival of *Leontopithecus* bred in captivity during reintroduction process is not an easy task. A very relevant factor for these primates is the behavioral changes occurring in captivity as a result of lacking social contact, because they are used to live in large family groups in the wild. In addition, the restriction of their territorial areas and the limited, simplified and monotonous diet they are offered in captivity, as opposed to what they have in the wild for natural space and food diversity, is a limiting condition (Coimbra-Filho et al. 1981, Silva 1984).

Another factor that hinders the reintroduction process is that captive animals usually have a behavioral deficit, which may jeopardize

their survival in their natural habitat and require corrective training and support after their release into the wild (Bush et al. 1993). Differences between the predatory habits of captive and those of recently captured lion tamarins, in which captive animals accept some preys that are usually refused by the wild ones, have been reported (Coimbra-Filho 1981 and Kleiman et al. 1991). The major cause of death related to reintroduction is attributed to the lack of experience of lion tamarins in regard to predatory practices and food obtention (Montali et al. 1995).

Clinical screening of captive animals is necessary to ensure they have appropriate health condition before their release (Bush et al. 1993). Golden lion tamarins undergo a strict quarantine with parasitic and blood tests, and tests for hepatitis and diaphragmatic hernia (Montali et al. 1980, Ramsay et al. 1989, Stephensen et al. 1990). Such screening is extremely expensive, requiring international shipping of serum, several authorizations and other additional costs (Ballou 1993).

These callitrichids prey on insects, small vertebrates, such as batrachians, reptiles, and birds, in addition to invertebrates. They also ingest food of vegetal origin, mainly fruits that complement their diet (Coimbra-Filho 1981).

Regarding predation of reptiles, *Callimico goeldii* is able of to kill snakes, such as *Thannophis s. sauritus*, and eat their offsprings, the same occurring in *Cebus*, and snake predation may also be observed in New World (NW) monkeys living in captivity. On the other hand, several cases of primate rejection of snakes have also been reported (Lorenz 1971). In addition, responses of fear in NW monkeys when facing small snakes (Mitchell 1922) and snake predation by *Saimiri sciureus* has also been considered possible (Dunn 1963 1968).

Snake incidents have been mentioned (Kleiman et al. 1986) as a limiting factor to the reintroduction process of golden lion tamarins in two occasions. Therefore, predation of small snakes must be considered a potential risk to the reintroduction process of theses simians as some snakes could be a possible part of their diet, and so, for captive animals, which are not experienced, some kind of behavioral training should be provided to individuals to be reintroduced to increase the possibilities of success.

The objective of this study is to report three snake incidents leading to the death of three individuals of *Leontopithecus*, one caused by *Bothrops* bite and two by *Micrurus* ingestion and to call the attention of professionals and organizations involved in *in situ* and *ex situ* conservation activities dedicated to tamarins and others and endangered species.

MATERIALS AND METHODS

A three year-old female (Studbook 81-23b, born at Chicago Zoological Park on March 30, 1981) and a two year-old male (Studbook 83-06, born at Kings Island on March 11, 1983) individuals of *Leontopithecus rosalia* species, both died at Poço das Antas Biological Reserve, located at Silva Jardim municipality, State of Rio de Janeiro-Brazil (Latitude 22°30'9.64" S and Longitude 42°16'6.65"O) during the reintroduction process; and a *L. chrysomelas* individual housed at CPRJ, located at Guapimirim municipality, State of Rio de Janeiro-Brazil (between parallels 22°27' and 22°32' Latitudes S and Meridians 42°50' and 42°56' Longitude Wgr) were used in this study. Both *L. rosalia* were received dead at CPRJ for necropsy. A five year-old male specimen of *L. chrysomelas* (Studbook 455) was born, raised and died in captivity at CPRJ. The three of them are part of the collection of the Museum of Primatology of CPRJ (Coimbra-Filho et al. 1986). Characterization of snakes involved in the incidents was conducted by specialists at Instituto Vital Brasil, Niterói, RJ-Brazil and at Instituto Butantan, São Paulo, SP-Brazil.

The simians were necropsied and their tissues were grossly examined. Fragments of the different tissues were collected, fixed by immersion in a 10% buffered formalin solution, and the samples were embedded in paraffin, and 5-µm thick sections were cut and stained with haematoxylin-eosin (HE). The slides were examined by light microscopy.

This study was approved by the Committee of Care and Use of the Animal Laboratory from Centro Universitário Plínio Leite, under protocol number 005/04.

RESULTS

***Bothrops* incident**

The 3-year-old female *Leontopithecus rosalia* (Studbook 81-23b) was bitten in the dorsum of its left hand by a *Bothrops jararaca* at reintroduction day 23 at a *L. rosalia* original habitat at Poço das Antas Reserve, during a worldwide conservation effort to save the species. The incident occurred during a social encounter with another group, when the female lion tamarin was surprised by the snake, as it was not sufficiently familiar with snakes, and died as a result of the event.

The gross postmortem examination revealed the external skin perforations on the dorsum of the left hand associated with mild swelling of the left arm. Severe hemorrhage was observed alongside the veins, several skeletal muscles, lungs and the stomach (Fig.1). Microscopically, hemorrhage was also registered in the kidneys (Fig.2), liver and pancreas, which also had necrosis, the lymphoid sinuses were infiltrated with red blood cells, and congestion also occurred in liver, lungs and kidneys. These lesions are commonly associated with *Bothrops* venom accidents. The vacuolated aspect of the liver as seen in *Micrurus* accidents was not observed.

***Micrurus* incident**

The *Micrurus coralinus* incidents were registered in the males of *Leontopithecus rosalia* (Studbook 83-06) living in the wild, after reintroduction, and of *L. chrysomelas* (Studbook 455) living in captivity at CPRJ. The events occurred when the animals went down to the soil looking for insects and larvae, a normal behavior of these primates, mainly when they are kept in captivity. No external sign of snake bite was observed in these two lion tamarins, except for the presence of a serous-sanguineous fluid in the nose and mouth.

Grossly, the lungs were dark red because of severe hemorrhage and had scarce irregular whitish areas throughout the entire surface of the lobes, probably resulting from compensation emphysema (agonic emphysema). The heart was enlarged and had a globoid aspect. The stomach was conspicuously distended



Fig.1. Photo of stomach wall of *Leontopithecus rosalia* (Studbook 81-23b) with severe diffuse hemorrhage caused by *Bothrops jararaca* bite.

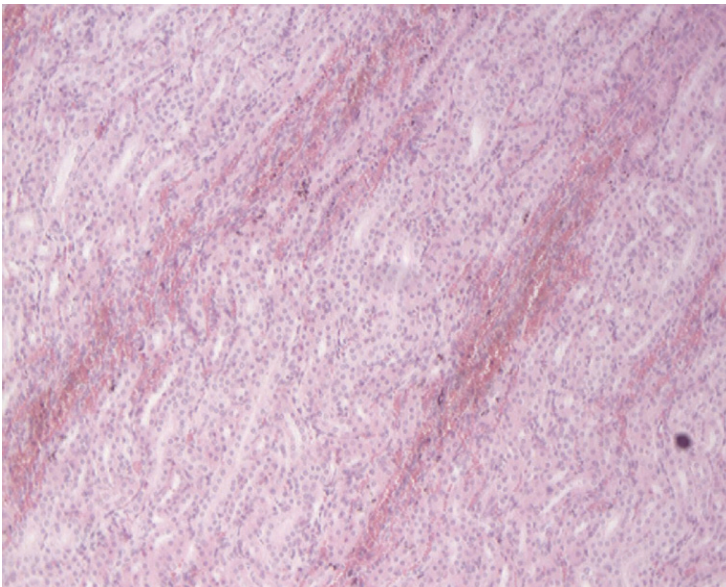


Fig.2. Hyperemia and hemorrhage in the kidney medulla of a female *Leontopithecus rosalia* (studbook 81-23b) due to *Bothrops jararaca* bite. HE, 100x.

distended and its walls were dismantled, had a gelatinous aspect with irregular darkened areas, suggestive of rupture of the serosae. When opened, several fragments of *Micrurus coralinus* (Fig.3) were observed intermingled with small portions of fruits. The kidneys were softened and congested; the brain and pachymeninges were also congested.

Microscopically, the most striking changes were observed in the liver, where the hepatocytes have lost its architectural arrangement and had severely vacuolated cytoplasm and pyknotic nuclei shifted to the periphery (Fig.4). In the lungs there was venous and capillary congestion and interstitial and focal alveolar edema. The alveolar walls were thickened, because of the presence of several neutrophils, red blood cells and rare lymphocytes. These changes were thought to be associated with *Micrurus* venom toxicosis associated with the ingestion of the snake, the venom probably being absorbed in the intestine.



Fig.3. Opened stomach of a male *Leontopithecus chrysomelas* (studbook 455) showing fragments of *Micrurus coralinus* and fruits.

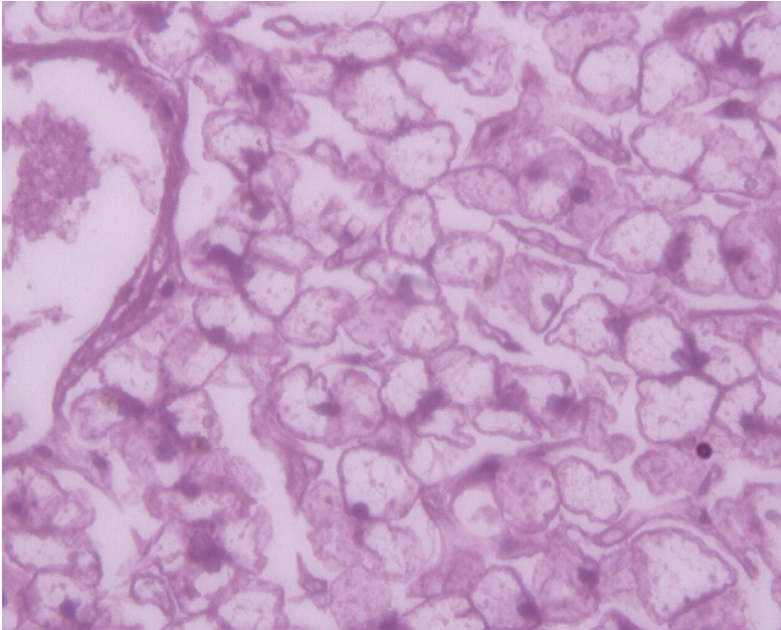


Fig.4. Vacuolated hepatocytes with pyknotic nuclei shifted to the periphery in the liver of a male *Leontopithecus rosalia*, (studbook 83-06) due to ingestion of *Micrurus coralinus*. HE, 200x.

DISCUSSION

The most relevant point of this study is the registration of three actual and fatal incidents with venomous snakes, occurring with endangered species of lion tamarins born and raised in captivity to reinforce remaining wild populations, in worldwide conservation efforts of the zoo community. Two of the incidents happened just after reintroduction in the wild, and the other while one specimen was being raised in captivity at CPRJ. Because these specimens were being closely monitored as a procedure to promote the full success of the work, the animals were subjected to gross and microscopic studies to diagnose their real cause of death and the etiology.

The main gross and microscopic changes registered in one individual (*Leontopithecus rosalia*, Studbook 81-23b) were associated with venom toxicosis.

In two of the individuals (*L. rosalia*, Studbook 83-06 and *L. chrysomelas* Studbook 455) no external signs of snake bite were observed, except for a

serous-sanguineous fluid in the nose and mouth. The most conspicuous finding was the distention of the stomach because of its contents of *Micrurus coralinus* fragments. Both gross and microscopic changes were considered to be a result of *Micrurus* venom toxicosis due to the ingestion of the snake followed by venom absorption in the intestine.

The diets of such a kind of simians are particularly rich in proteins, which includes a great variety of preys, like insects, small invertebrates and vertebrates as snakes (Coimbra-Filho 1981; and Coimbra-Filho et al. 1981); this kind of feeding behavior may provide the opportunity for fatal incidents, such as the ones reported in this study. Observations with *Callimico goeldii* (Lorenz 1971) and with *Saimiri sciureus* (Dunn 1963, 1968) confirm the thesis that snakes are part of the diet of some primates. Primate rejection of snakes (Lorenz 1971) and responses of fear in NW monkeys when facing small snakes (Mitchell 1922) also occur.

In the incidents with the female *L. rosalia* caused by *Bothrops jararaca* bite and one male that predated and ingested a small specimen of *Micrurus coralinus*, both animals had been reintroduced into the wild without previous experience of exposure to possible predators they would face in its natural habitat. The incident with one male of *L. chrysomelas* happened when it was being raised in captivity at CPRJ, where he predated, ingested and got intoxicated with *Micrurus venom*. These are problems that have been emphasized before (Lorenz 1971, Seyfarth et al. 1980, Mineka & Cook 1988, Castro 1990, Montali et al. 1995, Beck et al. 1994).

Predation is a part of the feeding habit of lion tamarins. To release these simians born and raised in captivity without a previous family group experience or a training process in captivity (Bush et al. 1993), or at pre-reintroduction actions that would allow them to avoid some preventable situation they could face in the wild, represents a risk factor against the success of reintroduction itself, because the probabilities of accidents will bring results such as the ones observed in this study.

Predation as a feeding habit of wild *Leontopithecus* is about 60% of foraging behavior to obtain their main source of proteins (Coimbra-Filho 1981). The learning process is transferred from parents to their family group,

an important condition that increases survival rates in the wild. This represents the way family members will obtain diets necessary to maintain their health and make them develop their instinctive behavior to avoid limiting or fatal accidents in their lives. Therefore, they learn to make the choice for the prey and for complementary sources of food available according to the seasons, and to avoid the ones that could represent threats to their safety. It is important for them to establish the protection patterns against natural predators (like birds of prey, snakes and mammals), toxic plants and insects (bees and wasps). These should be considered as a part of conservation programs of fauna, endangered or not, considering the crescent need to recover fragmented or lost habitats, and to increase the probabilities of success of conservation programs.

This report of three snake incidents with endangered lion tamarins contributes to the knowledge of well designed reintroduction program, and indicates that, when actions for reinforcement or repopulation of tamarins are being conceived, some specific training should be conducted before these animals are actually released in remaining habitats or habitats which are being restored. It also indicates the need for complementary *in situ* studies on the behavior of lion tamarins when they are reintroduced into their *habitat*, and for the danger of envenomation by *Micrurus*, resulting from its ingestion.

Acknowledgements

To Dr. Denise Rambaldi from the Associação Mico-Leão Dourado, Reserva Biológica de Poço D'Antas, for her support, to Dr. Aníbal Melgarejo from Instituto Vital Brasil, Niterói-RJ and to Dr. Maria da Graça Salomão from Instituto Butantan, São Paulo-SP, for their technical assistance and comments. To the Centro Universitário Plínio Leite (UNIPLI) for their technical and laboratory support, and the Centro de Primatologia do Rio de Janeiro (CPRJ/INEA) for the scientific and bibliographic material and guidance in this research. To the Greater Los Angeles Zoo Association (GLAZA), the American Zoo and Aquarium Association (AZA), the American Society of Primatologists (ASP) and to Ines Castro from Conservation International for their constant

cooperation with the Centro de Primatologia do Rio de Janeiro. Also to Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) and Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ [Proc. E-26/171.185/2004 - APQ1]), for their continuous research cooperation.

REFERENCES

- Ballou J.D. 1993. Assessing the risks of infections diseases in captive breeding and reintroduction programs. *J. Zoo Wildl. Med.* 24(3):327-335.
- Beck B.B., Kleiman D.G., Dietz J.M., Castro M.I., Carvalho C., Martins A. & Rettberg-Beck B. 1991. Losses and reproduction in reintroduced golden lion tamarins *Leontopithecus rosalia*. *DODO, J. Jersey Wildl. Preserv. Trust* 27:50-61.
- Beck B.B., Rappaport L.G., Stanley Price M.R. & Wilson A.C. 1994. Reintroduction of captive born animals, p.265-286. In: Olney P.J.S, Mace G.M. & Feistner A.T.C.(Eds), *Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animals..* Chapman and Hall, London.
- Bush M., Beck B.B. & Montali R.J. 1993. Medical considerations of reintroduction, p.24-26. In: Fowler M.E. (Ed.), *Zoo and Wild Animal Medicine. Vol.3. Current. Therapy.* W.B. Saunders Company, London.
- Castro M.I. 1990. A comparative study of anti-predator behavior in the three species of Lion Tamarins (*Leontopithecus*) in captivity. Master Dissertation, University of Maryland, 147p.
- Coimbra-Filho A.F. 1970. Considerações gerais e situação atual dos micos leões escuros, *Leontideus chrysomelas* (Kuhl, 1820) e *Leontideus chrysopygus* (Mikan, 1823) Callitrichidae, Primates, *Revta. Bras. Biol.* 30(2):249-268.
- Coimbra-Filho A.F. 1981. Animais predados ou rejeitados pelo Sauí piranga, *Leontopithecus rosalia* (Linnaeus, 1766) na sua área de ocorrência primitiva (Callitrichidae, Primates). *Revta. Bras. Biol.* 41(4):717-731.
- Coimbra-Filho A.F., Silva R.R. & Pissinatti A. 1981. Sobre a dieta de Callitrichidae em cativeiro. *Revta. Biotérios* 1:83-93.
- Coimbra-Filho A.F., Silva R.R. & Pissinatti A. 1986. O acervo do Museu de Primatologia (CPRJ/FEEMA), p.505-514. In: Mello M.T. (Ed.), *A Primatologia no Brasil. 2ª ed.* Brasília, DF.
- Dunn F.L. 1963. Acanthocephalans and cestodes of South American monkeys and marmosets. *J. Parasitol.* 49:717-722.

- Dunn F.L. 1968. The parasites of Saimiri: In the context of platyrrhine parasitism, p.31-38. In: Roseblum L.A. & Cooper R.W. (Eds), *The Squirrel Monkey*. Academic Press, New York.
- IUCN 2004. IUCN Red List of Threatened Species <<http://www.redlist.org>> Accessed on Dec.10, 2004.
- Kleiman D.G. 1989. Reintroduction of captive mammals for conservation. *Revta Bioscience* 39(3):152-161.
- Kleiman D.G., Beck B.B., Dietz J.M. & Dietz L.A. 1991. Costs of a reintroduction and for success: accounting and accountability in the Golden Lion Tamarin Conservation Program. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 62:125-142.
- Kleiman D.G., Beck B.B., Dietz J.M., Dietz L.A., Ballou J.D. & Coimbra-Filho A.F. 1986. Conservation program for the Golden Lion Tamarin captive research and management, ecological studies, educational strategies, and reintroduction, p. 959-979. In: Benirschke K. (Ed.), *Primates: the road to self sustaining populations*. Springer-Verlag, New York.
- Lorenz R. 1971. Goeldi's Monkey, *Callimico goeldii* Thomas, 1904, preying on snakes. *Folia Primat.* 15:133-142.
- Mineka S. & Cook M. 1988. Social learning and the acquisition of snake fear in monkeys, p.51-73. In: Zentall T.R. & Galep Jr B.G. (Eds), *Social Learning: Psychological and biological perspectives*. Lawrence Earlbaun Associates, Hillsdale, N.J.
- Mitchell P.C. 1922. Monkeys and the fear of snakes. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, p.347-348. (Apud Lorenz 1971)
- Montali R.J., Bush M., Hess J., Ballou J.D., Kleiman D.G. & Beck B.B. 1995. Ex situ diseases and their control for reintroduction of the endangered lion tamarin species (*Leontopithecus* spp.) *Verrh. Ber. Erkr. Zootiere* 37:93-98.
- Montali R.J., Bush M., Kleiman D. & Evans R. 1980. Familial Diaphragmatic Defects in Golden Lion Tamarins. *Sonderdruck aus Verhandlungsbericht des XXII Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere*, Arnheim, p.173-179.
- Ramsay E.C., Montali R.J., Worley M., Stephensen C.B. & Holmes K.V. 1989. Callitrichid hepatitis: Epizootiology of a fatal hepatitis in zoo tamarins and marmosets. *J. Zoo Wildl. Med.* 20(2):178-183.
- Silva R.R. 1984. Elaboração e distribuição de dietas para calitriquídeos em cativeiro, p.137-142. In: Mello M.T. (Ed.), *A Primatologia no Brasil I*, Belo Horizonte, MG.
- Rylands A.B., Santos I.B. & Mittermeier R.A. 1991/1992. Distribution and status of the golden-headed Lion Tamarin, *Leontopithecus chrysomelas*, in the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil. *Primate Conservation* 12/13:15-23.

- Seyfarth R.M., Cheney D.L. & Marler P. 1980. Vervet monkey alarm calls: Semantic communication in a free ranging primate. *Animal Behaviour*. 28(4): 1070-1094.
- Silva Jr M. 1956. O Ofidismo no Brasil. Ministério da Saúde, Rio de Janeiro, p.150-161.
- Stephensen C.B., Montali R.J., Ramsay E.C. & Holmes K.V. 1990. Identification, using sera from exposed animals, of putative viral antigens in livers of primates with callitrichid hepatitis. *J. Virol.* 64(12):6349-6354. (Apud Ballou 1993)
- Vital Brazil 1938. Contribuição ao estudo do ofidismo: serpentes peçonhentas. *Brasil Médico* 52(13):3.

CAPÍTULO 13

Controle populacional de *Callithrix* spp. em um parque urbano: Programa de levantamento como primeira etapa

Nathalia Detogne, Daniel Gomes Pereira & Helena de Godoy Bergallo

Departamento de Ecologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, 524 - Maracanã, Rio de Janeiro, Brasil, CEP 20550-013.

RESUMO

Os saguis *Callithrix jacchus*, *C. penicillata* e seus híbridos se propagam sem controle pelo Sudeste e Sul do Brasil, e até o momento não há planos de manejo eficazes para esses animais. Em casos onde a erradicação é inviável, o controle populacional é a melhor opção. Contudo, é necessário conhecer a população exótica invasora, a partir de um programa de levantamento, antes de iniciar estratégias de manejo. Nossos objetivos foram estimar a densidade e a abundância, determinar a razão sexual, a distribuição etária e o uso do estrato vertical dos saguis em um parque urbano na cidade do Rio de Janeiro. As densidades estimadas através da transecção linear e pelos métodos de captura e recaptura foram semelhantes (116 ind/km^2), indicando a alta densidade dessas espécies e a urgência de manejá-las. Nós capturamos e marcamos 57 saguis. A razão sexual foi 1:1 entre machos (27) e fêmeas (28), mostrando que a esterilização de apenas um sexo deverá atingir 50% da população. Registramos significativa preferência pelo uso do sub-bosque, o que favorecerá no aumento do sucesso de captura. As informações obtidas aqui auxiliarão na segunda fase do controle populacional, que será a esterilização dos saguis, e na terceira fase, destinada ao monitoramento.

Palavras-chave: *Callithrix jacchus*, *Callithrix penicillata*, Primatas alóctones, Espécie exótica invasora, Densidade, Manejo.

ABSTRACT

The marmosets *Callithrix jacchus*, *C. penicillata* and their hybrids spread wildly in the East and South of Brazil, and to date there are no effective management plans for these animals. In cases where eradication is not feasible, population control is the best option. However, there is a need to evaluate the exotic invasive population, from a survey program before initiating management strategies. For this, we estimated the density, abundance, sex ratio, age distribution and use of vertical strata of marmosets in a urban park in the city of Rio de Janeiro, Brazil. The densities estimated by the line-transect method and the capture-recapture methods were similar (about 116 ind/km²), indicating a high density of these species and the urgency to manage them. We captured and marked 57 marmosets. The sex ratio was 1:1 between males (27) and females (28), showing that sterilization of only one sex should reach 50 % of the population. We recorded significant preference for the understory, through the focal animal method, which will favor the increased capture success. The information gathered here will assist in the second phase of population control, that will be the capture and sterilization of marmosets, and in the third phase, aimed at monitoring.

INTRODUÇÃO

As populações de sagui-comum, *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758), e sagui-do-tufo-preto, *C. penicillata* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1812), assim como seus híbridos (*Callithrix* spp.) (Figura 1), estão atualmente dispersos em vários estados do Sul e Sudeste do Brasil, fora de suas áreas de origem. Eles se adaptaram bem em áreas arborizadas e fragmentos florestais e jardins em áreas urbanas (Stevenson e Rylands, 1988) de pequenas e até mesmo grandes cidades como Rio de Janeiro, Vitória e São Paulo. Nesses locais eles invadem casas e apartamentos em busca de alimento. No Estado do Rio de Janeiro, os saguis também invadiram florestas em áreas protegidas, como por exemplo, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (Pereira, 2006), o Parque Nacional da Floresta da Tijuca

(Cunha *et al.*, 2006), o Parque Estadual da Ilha Grande (Modesto e Bergallo, 2008), e a Reserva Biológica Poço das Antas (Morais *et al.*, 2008).

Os impactos causados por esses saguis estão amplamente descritos na literatura: 1) a hibridação e competição com o sagui-da-serra-escuro, *Callithrix aurita*



Figura 1: Indivíduos híbridos de *Callithrix penicillata* e *C. jacchus* no Parque Natural Municipal Bosque da Barra, RJ, Brasil, 2010. Foto: Nathalia Detogne

(È. Geoffroy Saint-Hilaire, 1812), nativo da região Sudeste do Brasil e ameaçado de extinção (Coimbra-Filho *et al.*, 1993; Pereira, 2006); 2) competição com os endêmicos e ameaçados micos-leões-dourados, *Leontopithecus rosalia* (Stevenson e Rylands, 1988; Ruiz-Miranda *et al.*, 2006); 3) transmissão de doenças para humanos (Batista-Morais *et al.*, 2000; Ludlage e Mansfield, 2003; Verona, 2008); e 4) predação de ovos de aves, ninhegos, lagartos e anfíbios (Rothe, 1999; Cunha *et al.*, 2006; Rocha *et al.*, 2011).

Neste contexto, esses saguis são considerados espécies exóticas invasoras, pois estão fora de sua área de distribuição natural, e ameaçam ecossistemas, habitats ou espécies (MMA, 2009). E por isso, torna-se urgente a aplicação de métodos eficientes de controle e/ou erradicação dessas espécies.

De acordo com a estratégia nacional sobre espécies exóticas invasoras, publicada na resolução CONABIO n° 5, quando a erradicação torna-se inviável, estratégias de controle devem ser acionadas (MMA, 2009).

O controle de populações de primatas exóticos invasores é definido como um conjunto de ações que visam reduzir essas populações e o crescimento populacional em função da inviabilidade, momentânea ou não, de realizar sua erradicação (Fialho, no prelo). Esterilização química ou cirúrgica e remoção são exemplos de medidas de controle aplicáveis às populações de primatas. Contudo, os princípios norteadores para o manejo e controle de primatas exóticos invasores indicam a necessidade de reconhecer a população exótica invasora, a partir de um programa de levantamento antes de iniciar estratégias de manejo (Fialho, no prelo).

Aqui nós descrevemos um programa de levantamento populacional de saguis exóticos invasores (*Callithrix* spp.) em um parque urbano a fim de levantar informações que auxiliem as estratégias de controle da população. Nós estimamos a densidade, abundância, razão sexual e uso do espaço vertical. Os dados de densidade e abundância indicarão o esforço necessário para alcançar efetivamente o controle populacional. A informação sobre a razão sexual é importante na escolha do método de controle que será utilizado (esterilização de machos e/ou fêmeas). E o conhecimento sobre a preferência do estrato vertical poderá aumentar o sucesso de captura.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Parque Natural Municipal Bosque da Barra de 50 ha, está localizado no bairro da Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, Brasil (22° 59' 44" S e 43° 22' 14" W). É um fragmento de restinga cercado pela matriz urbana. Apenas uma parte (cerca de 30 ha) tem vegetação lenhosa de árvores com estatura abaixo de 4 m de altura, típicas do ecossistema de restinga. Esta vegetação é composta por espécies tais como, *Eugenia neonitida*, *E. uniflora*, *Syagrus romanzoffiana*, *Psidium cattleianum* e *Pithecellobium tortum* (Zamith e Scarano, 2004). Cerca de 20 ha (40% da área do parque) não é utilizada pelos saguis, pois é formada por um grande brejo composto por vegetação ciliar e poucas árvores.

Métodos de campo

Densidade por transecção linear

Nós estimamos a densidade populacional dos saguis através dos métodos de transecção linear e de captura-recaptura. A transecção linear consiste no registro da distância perpendicular entre o primeiro animal do grupo avistado e a linha central do transecto percorrido, e a contagem do número de integrantes do grupo (Buckland *et al.*, 2001). Para a realização deste método, nós utilizamos três trilhas (2.800 m, 1.750 m e 2.850 m) já existentes no parque, a fim de abranger o máximo da área de estudo, e seguindo a premissa do método que exige heterogeneidade espacial.

Os transectos foram percorridos entre junho de 2008 e agosto de 2010. Percorremos os transectos em uma velocidade de 1 a 2 km/h, evitando o período entre 11:30h e 13:30h, que corresponde ao horário de baixa atividade dos saguis.

Utilizamos o programa *Distance 6.0* para analisar os dados, o qual calcula a área amostrada utilizando os dados da distância perpendicular a partir da trilha que cada grupo de sagui foi observado pela primeira vez.

Entre os modelos disponíveis no *software Distance 6.0* (uniforme, semi-normal e hazard-rate), e seus termos de ajustes (coseno e polinômio simples; coseno e polinômio hermite; coseno e polinômio simples) nós selecionamos aquele com o menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike), menor coeficiente de variação (%CV), e o maior valor de GOF (*Godness of fit*) (Buckland, *et al.*, 2001).

Densidade por captura-recaptura

Nós também estimamos a densidade de saguis utilizando o método de captura-recaptura Jolly-Seber (JS) (Jolly, 1965; Seber, 1965) complementado com o MNKA (Minimun Number Known to be Alive) (Krebs, 1966), entre o período de abril e dezembro de 2011.

Através do método de JS, calculamos o tamanho populacional utilizando a seguinte fórmula: $N_i = n_i + n_i \times Z_i \times R_i / m_i \times r_i$ (Jolly, 1965; Seber, 1965), onde, N_i = estimativa do tamanho populacional; n_i = tamanho da amostra; Z_i = nº de indivíduos marcados antes do dia i não pegos no dia i , mas pegos subsequentemente; R_i = nº de animais marcados e soltos; m_i = nº de animais marcados na

amostra; r_i = nº de animais de R_i soltos que são subsequentemente recapturados. Foram considerados como recapturas animais marcados e capturados em armadilhas ou marcados e observados durante os transectos.

Nós estimamos a abundância de saguis, através do método MNKA, baseando-nos na contagem dos indivíduos marcados e visualizados em dias posteriores à sua primeira captura, a fim de contabilizarmos o número mínimo de sobreviventes de cada dia de observação.

Os dados de densidade gerados por JS e MNKA foram analisados de forma complementar. Assim, nos períodos em que a estimativa de densidade de JS foi menor que a gerada por MNKA, considerou-se a última, já que o valor de MNKA indica o número mínimo de animais vivos.

Método de captura e classificação

As capturas dos saguis foram realizadas sempre no turno da manhã, com armadilhas do tipo *Tomahawk*, iscadas com banana.

Os animais capturados foram anestesiados com cloridrato de cetamina, na proporção de 10 mg/Kg, por via subcutânea ou intramuscular (Verona e Pissinatti, 2007), com seringa de 1 mL. Todos os indivíduos adultos e subadultos foram marcados com colares metálicos de contas coloridas, e tatuados na parte interna da coxa esquerda. Massa, comprimento do corpo e da cauda foram registradas. Os animais foram classificados pelo sexo e faixa etária conforme Rangel (2010): infante é carregado pelos indivíduos do grupo em tempo integral, não possui tufos auriculares, e tamanho de corpo menor ou igual a 7 cm. O juvenil não é carregado integralmente, ainda não possui tufos auriculares, e o tamanho de corpo varia de oito a 14 cm. O subadulto é independente, ainda não possui tufos auriculares completos e o tamanho de corpo varia de 15 a 19 cm. O adulto além de independente possui os tufos auriculares completos e o tamanho de corpo ultrapassa os 20 cm. O teste qui-quadrado foi utilizado para avaliar possíveis diferenças entre o número de machos e fêmeas.

Uso do espaço vertical

Para registrar o uso do espaço vertical, nós utilizamos o método Animal Focal (Altmann, 1974), que consiste em um registro instantâneo de um único indivíduo do grupo escolhido aleatoriamente com duração de 5 minutos e

intervalos de 15 minutos. A cada sessão um indivíduo do grupo é observado, retornando ao primeiro indivíduo após o último ser observado. O intervalo de 15 minutos foi utilizado para registro de informações sobre o grupo: número de indivíduos, sexo e classe etária. No início de cada sessão nós registramos a localização no estrato vertical, além de outros dados comportamentais que não foram utilizados neste estudo. As categorias utilizadas para o uso do estrato vertical, apropriadas para o ecossistema de restinga, foram: chão (0 m), sub-bosque (entre 0 m e 4 m), e dossel (> 4 m). O teste qui-quadrado foi utilizado para detectar possíveis diferenças no uso do estrato vertical (Vieira, 2008).

RESULTADOS

Percorremos 55 quilômetros de transectos, totalizando 24 visualizações de grupos de *Callithrix* spp. O modelo estatístico que melhor se ajustou aos nossos dados foi a função seminormal com um termo de ajuste cosseno (Buckland, *et al.*, 2001). Houve a necessidade de retirar da análise uma única distância perpendicular extrema, acima de 16 m para o melhor ajuste dos dados. O efeito *size bias* (probabilidade menor de detectar grupos pequenos a grandes distâncias perpendiculares) expresso no tamanho de grupo foi corrigido por regressão (Buckland, *et al.*, 2001).

A densidade estimada através da transecção linear foi de 116,43 indivíduos/km² (intervalo de confiança = 40,7 - 333); 30,7 grupos/km² (intervalo de confiança = 10,7 - 88,1). O tamanho da população local foi de 58,21 indivíduos (intervalo de confiança = 20 - 167) (Tabela 1).

Capturamos 57 saguis, dos quais 25 adultos, 27 subadultos, três juvenis e dois infantes, totalizando 27 machos e 28 fêmeas (Figura 2a). A razão sexual entre machos e fêmeas considerando todas as classes etárias foi próxima de 1M:1F ($\chi^2 = 0,018$; $p = 0,893$).

As densidades médias estimadas através do método JS e corrigidas pelo MNKA foram de 115,6 ind./km² (intervalo de confiança = 44,41 - 186,09), considerando a área utilizada pelos saguis (0,3 km²) e 69,40 ind./km² (intervalo de confiança = 26,84 - 111,66) considerando a área total do parque (0,5 km²). A abundância calculada foi de 34,7 indivíduos (intervalo de confiança = 13,42 - 55,83) (Tabela 1).

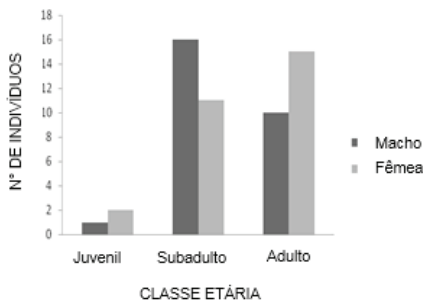
Tabela 1: Estimativas populacionais de *Callithrix* spp. no Bosque da Barra utilizando os métodos de transecção linear e captura-recaptura. Legenda: A=área. Entre parênteses o intervalo de confiança.

	Densidade (indivíduos/km ²)		Abundância (n° de indivíduos)	
	A=0,5 km ²	A=0,3 km ²	A=0,5 km ²	A=0,3 km ²
Transecção linear	116,43 (40,70 - 333,09)		58,21 (20-167)	35 (12 -100)
Captura-recaptura	69,40 (26,84 -111,66)	115,64 (44,41 - 186,09)	34,70 (13,42 - 55,83)	

Registramos 37 vezes o uso do espaço vertical da restinga por *Callithrix* spp. Os saguis utilizaram diferencialmente os estratos verticais ($\chi^2 = 40,16$; gl = 2; $p < 0,001$) tendo preferência pelo estrato sub-bosque (0 a 4 m de altura) (Figura 2b).

Espécie	Localidades	Densidade (indivíduos/ km ²)	Tamanho do grupo (n° de individuo)	Ref.
<i>C. jacchus</i> (N)	Nordeste do Brasil	80	-	1
<i>C. jacchus</i> (N)	Recife e Tapacurá, PE	-	8,6 (3-13)	2
<i>C. jacchus</i> (N)	Santa Rita, PB	58,9	6,2	3

a)



b)

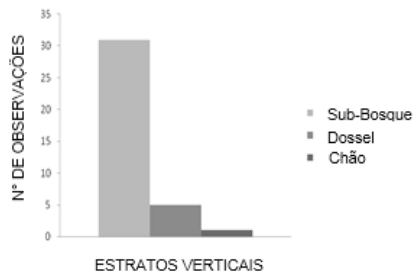


Figura 2: a) Distribuição etária e de gênero (abril a novembro de 2011) e b) uso do espaço vertical (março a agosto de 2010) de uma população de *Callithrix* spp. do Bosque da Barra, Rio de Janeiro, Brasil.

<i>C. jacchus</i> (EI)	Maciço da Tijuca, RJ	66,35 (40,23-156,45)	2,65 (2,21-2,64)	4
<i>C. penicillata</i> (EI)	Ilha de Anchieta, SP	110,29	-	5
<i>Callithrix</i> spp (EI)	Bacia do Rio São João, RJ	15,04	3,16	6
<i>Callithrix</i> spp. (EI)	Jardim Botânico, RJ	150	-	7
<i>Callithrix</i> spp. (EI)	Bosque da Barra, RJ	116,43 (40,70-333,09)	3,8 (3-4,9)	8

Tabela 2: Estimativas de densidades de *Callithrix jacchus*, *C. penicillata* e seus híbridos (*Callithrix* spp.) em diferentes localidades do Brasil, onde são nativos (N) ou exóticos invasores (EI).

1- Stevenson (não publicado) apud Stevenson e Rylands (1988); 2- Hubrecht (1983,1984) apud Stevenson e Rylands (1988); 3- Fialho e Gonçalves (2008); 4- Cunha (2005); 5- Bovendorp e Galetti (2007); 6- Moraes Jr. (2010); 7- Rangel (2010); 8- Este trabalho.

DISCUSSÃO

Os dados mostraram que a densidade de saguis no Bosque da Barra é alta quando comparada a outras localidades do Brasil, tanto onde são nativos, quanto onde são exóticos invasores (Tabela 2). Este dado ressalta a importância da aplicação de uma medida de controle eficaz nesta área.

Isto pode ser explicado pela baixa densidade de predadores observada na área de estudo, e a grande variedade e abundância de itens alimentares existentes no parque (goma, frutos, insetos, pequenos vertebrados: Obs.pes.), incluindo a alimentação extra oferecida pelos visitantes (Detogne e Andrade, 2011). Comparando as densidades obtidas neste estudo com outras quatro áreas onde essas espécies são invasoras (Bovendorp e Galetti, 2007; Moraes Jr., 2010; Cunha, 2005; Rangel, 2010) nota-se que os dados são inferiores apenas ao observado no Jardim Botânico do RJ (Rangel, 2010). A densidade dos saguis no Bosque da Barra também foi superior à encontrada na área onde *Callithrix jacchus* é nativo (Stevenson e Rylands, 1988; Fialho e Gonçalves, 2008), e se assemelhou mais ao valor obtido na Ilha de Anchieta, São Paulo para *C. penicillata* (Bovendorp e Galetti, 2007).

Assim como nós, Morais Jr. (2010) acredita que a alta densidade dos saguis invasores é sustentada pela ausência de predadores e a disponibilidade de recursos alimentares alternativos. Adicionalmente, em acordo com nossas suposições, Cunha (2005) explicou a alta densidade de *C. jacchus* na Floresta da Tijuca baseando-se na abundância de recursos alimentares e na elevada capacidade invasiva da espécie, visto que a mesma é uma espécie exótica altamente adaptável (Coimbra-Filho *et al.*, 1993). Santana *et al.* (2008) indicam que a alta densidade desses saguis em um fragmento florestal em Minas Gerais está relacionada a constantes e indiscriminadas solturas.

A população de saguis do Bosque da Barra é constituída prioritariamente por indivíduos em idade reprodutiva. Isto indica a necessidade de um esforço inicial maior na captura de todos os indivíduos adultos e subadultos. Como a maioria dos métodos de esterilização não é recomendada para filhotes e juvenis, campanhas de esterilização deverão ser realizadas duas vezes ao ano, para que todos os saguis tornem-se inférteis.

A razão sexual não diferiu significativamente de 1M:1F. Diante desta realidade a esterilização em apenas um dos sexos deverá atingir 50% de toda a população de saguis do Bosque da Barra para que o controle seja eficaz.

Razão sexual próxima a 1:1 (1,23) foi encontrada na população de *Callithrix* spp. da Bacia do Rio São João, RJ (Morais Jr., 2010). Monteiro da Cruz e Scalon (1997) ao investigarem três diferentes grupos de saguis em Pernambuco, observaram o desequilíbrio na razão sexual de cada grupo, tanto com excesso de machos quanto de fêmeas. Por se tratar de uma área pequena, não era possível discriminar os grupos claramente. Assim, na nossa área de estudo, considerando um grande grupo, a razão sexual não variou de 1:1.

As observações de campo relatadas na literatura mostram que há uma grande variação na distribuição etária, e no número de machos e fêmeas que compõem os grupos (Monteiro da Cruz e Scalon, 1997; Araújo *et al.*, 2000; Oliveira, 2003; Morais Jr., 2010), indicando a ausência de um padrão para as espécies *Callithrix jacchus* e *C. penicillata*. No entanto, ainda que a razão sexual dentro dos grupos de saguis do Bosque da Barra varie, a informação da razão sexual da população é o suficiente para direcionar as estratégias de esterilização.

Nossos dados mostram uma significativa preferência dos saguis pelo sub-bosque. Esta informação auxiliará na captura desses animais, pois o uso de armadilhas neste estrato aumentará as chances de captura.

Acreditamos que o contato diário de saguis com os visitantes do parque pode ter alguma influência na maior alocação de tempo no estrato sub-bosque, contudo para essa confirmação serão necessários novos estudos. Em dias de alta frequência de visitação no parque, Bento (2010) também registrou o hábito dos saguis localizados em estratos mais baixos aceitarem alimentos oferecidos por visitantes do parque, e logo após comer ocuparem estratos mais altos.

A preferência pelo sub-bosque também foi observada na floresta da Tijuca (RJ), onde indivíduos de *C. jacchus* foram frequentemente observados no sub-bosque e raramente no dossel (Cunha, 2005; Cunha *et al.*, 2006). Cunha (2005) atribui a preferência pelo sub-bosque ao comportamento de evitar os predadores voadores. A provável predação por aves de rapina pode explicar o comportamento inato dos saguis de utilizar o sub-bosque no Bosque da Barra, mas por se localizar dentro de uma metrópole, nenhuma observação de predação de saguis por aves de grande porte foi observada. Dados semelhantes a este estudo, foram registrados por Santana *et al.*, (2008), que observou com maior frequência o uso do estrato intermediário (altura média de 4,67 m) na Mata do Paraíso (MG).

Diferentemente do observado no Bosque da Barra, o estrato mais utilizado por *C. penicillata* em um parque urbano em Minas Gerais foi o estrato alto (acima de cinco metros) (Bento, 2010), devido à predação por gatos domésticos.

No Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rangel (2010) também registrou valores superiores ao encontrado neste estudo, com maior frequência para o estrato intermediário (entre sete e 15 m de altura). No entanto, é preciso levar em consideração que as árvores da restinga atingem alturas menores que em outros ecossistemas da Mata Atlântica.

Concluimos que o programa de levantamento é uma etapa primordial para o controle de populações de saguis invasores, pois a partir dela obtivemos informações que direcionarão as demais etapas (controle e monitoramento).

A alta densidade de saguis no Bosque da Barra evidencia a urgência na implementação de medidas de manejo. Além disso, o isolamento das entradas de saguis no parque e o fim das solturas são fundamentais para o controle eficiente.

Em situações em que a remoção torna-se inviável pela ausência de locais para transferência e permanência dos animais, ou a eutanásia não é autorizada por motivos sociais e políticos, medidas de controle através da esterilização de machos e fêmeas de saguis torna-se uma estratégia de controle para que a longo prazo essas populações decresçam e sejam erradicadas. Entretanto, a curto e médio prazo os impactos ecológicos como predação, competição com espécies nativas e transmissão de doenças permanecerão, e serão reduzidos a longo prazo. Sabe-se também que os métodos de esterilização não terão muito efeito se não forem constantes e regulares. Para tanto, serão necessários a capacitação de veterinários e agentes ambientais para realizar as esterilizações, e o desenvolvimento de programas de educação ambiental junto à população. Se tais aspectos não forem considerados para o controle de saguis, programas de levantamentos, esterilizações e monitoramentos serão apenas gastos de recursos econômicos e humanos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (CNPq) (Processo 507178/2010-6) e a FAPERJ (Processo E-26/103.016/2011) pelo suporte financeiro. A Prefeitura do Rio de Janeiro, ao Comitê de Ética da Universidade do Estado do Rio de Janeiro pelas autorizações concedidas à pesquisa, e aos revisores deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALTMANN, J., 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour an International Journal of Comparative Ethology*, 49:227- 2667.
- ARAÚJO, A., ARRUDA, M.F., ALENCAR, A.I., ALBUQUERQUE, F., NASCIMENTO, MC. e YAMAMOTO, M.E., 2000. Body weight of wild and captive common marmosets (*Callithrix jacchus*). *International Journal of Primatology*, 21:317- 324.
- BATISTA-MORAIS, N., NEILSON-ROLIM, B., MATOS-CHAVES, H.H. e MARIA-DA-SILVA, L., 2000. Rabies in tamarins (*Callithrix jacchus*) in the state of Ceará, Brazil, a distinct viral variant? *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95(5):609-610.

- BENTO, L.F.A.R.A. 2010. *Variação de área de uso em três dimensões de Callithrix penicillata Geoffroy, 1812 (Primate, Callithricidae) em um parque urbano*. Minas Gerais: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas.
- BOVENDORP, R.S. e GALETTI, M., 2007. Density and population size of mammals introduced on a land-bridge island in southeastern Brazil. *Biological Invasions*, 9(3):353-357.
- BUCKLAND, S.T., ANDERSON, D.R., BURNHAM, K.P., LAAKE, J.L., BORCHERS, D.L. e THOMAS, L., 2001. *Introduction to Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- COIMBRA-FILHO, A.F., PISSINATTI, A. e RYLANDS, A.B., 1993. Experimental multiple hybridism and natural hybrids among *Callithrix* species from eastern Brazil. In: RYLANDS, A.B. *Marmosets and tamarins: systematics, behaviour and ecology*. Oxford, UK: Oxford University Press, p. 95-120.
- CUNHA, A. 2005. *Estratificação vertical, abundância e tamanho populacional do macaco prego (Cebus sp.) e do mico-estrela (Callithrix jacchus) no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 63 p. Dissertação de Mestrado em Ecologia.
- CUNHA, A., VIEIRA, M.V. e GRELE, C.E.V. 2006. Preliminary observations on habitat, support use and diet in two non-native primates in an urban Atlantic forest fragment: The capuchin monkey (*Cebus* sp.) and the common marmoset (*Callithrix jacchus*) in the Tijuca forest, Rio de Janeiro. *Urban Ecosystems*, 9(4):351-359.
- DETOGNE, N., e ANDRADE, L.S. Percepção dos visitantes do Parque Natural Municipal Bosque da Barra sobre espécies exóticas invasoras. Monografia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.
- FERRARI, S.F. e DIGBY, L.J. 1996. Wild *Callithrix* Groups: Stable Extended Families? *American Journal of Primatology*, 38:19-27.
- FIALHO, M.S. e GONÇALVES, G.S. 2008. Primates da Rppn Gargaú, Paraíba, Brasil. *Neotropical Primates*, 15(2):50-54.
- FIALHO, M.S. (compilador). Princípios norteadores para o manejo e controle de primatas exóticos invasores. No prelo.
- JOLLY, G.M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration - Stochastic model. *Biometrika*, 52:225-247.
- KREBS, C.J. 1966. Demographic Changes in Fluctuating Populations of *Microtus californicus*. *Ecological Monographs*, 36(3):239-273.

- LUDLAGE, E.D.V.M., E MANSFIELD, K.D.V.M. 2003. Clinical care and diseases of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Comparative Medicine*, 53(4):369-382.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Resolução CONABIO nº 5. Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras. 2009.
- MODESTO, T.C., e BERGALLO, H.G. 2008. Ambientes diferentes, diferentes gastos do tempo entre atividades: o caso de dois grupos mistos do exótico *Callithrix* spp. na Ilha Grande, RJ, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 3(3):112-118.
- MONTEIRO DA CRUZ, M.A.O., e SCANLON, C.E. 1997. Mudanças no tamanho e na composição de grupos sociais de *Callithrix jacchus* em ambiente natural. In: FERRARI, S.F. e SCHNEIDER, H. *A primatologia no Brasil*, vol. 5, p. 71-80.
- MORAIS JR., M.M. 2010. *Os saguis (Callithrix sp., Erxleben, 1777) exóticos invasores na Bacia do Rio São João, Rio de Janeiro: Biologia Populacional e padrão de distribuição em uma paisagem fragmentada*. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense. 78 p. Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais.
- MORAIS JR. M.M., RUIZ-MIRANDA, C.R., GRATIVOL, A.D., ANDRADE, C.C., LIMA, C.S., MARTINS, A. e BECK, B.B. 2008. Os sagüis, *Callithrix jacchus* e *penicillata*, como espécies invasoras na região de ocorrência do mico-leão dourado. In: *Conservação do mico-leão-dourado: Enfrentando os desafios de uma paisagem fragmentada*. OLIVEIRA de, P.P., GRATIVOL, A.D. e RUIZ-MIRANDA, C.R., p. 86-117.
- OLIVEIRA, I.A.A. 2003. Padrão de dispersão e análise da área de uso de uma população urbana de saguis-do-nordeste *Callithrix jacchus* (Callitrichidae, Primates). Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 41 p. Dissertação de Mestrado em Biologia Animal.
- PEREIRA, D.G. 2006. *Interações entre espécies exóticas invasoras e espécies nativas: calitriquídeos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ*. Niterói: Universidade Federal Fluminense. 74 p. Dissertação de Mestrado em Ciência Ambiental.
- RANGEL, C.H. 2010. *Ecologia e comportamento de Callitrichidae (Primates) no Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Ecologia.
- ROCHA, C.F.D., BERGALLO, H.G. e MAZZONI, R. 2011. Invasive vertebrates in Brazil. In: PIMENTEL, D. *Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal and microbe species*. ed.2 Nova York: Taylor e Francis Group, p. 53-103.

- ROTHER, H. 1999. Adaptation to natural food resources by semi-free common marmosets (*Callithrix jacchus*): preliminary results. *Neotropical Primates*, 7:54-57.
- RUIZ-MIRANDA, C.R., AFFONSO, A.F., MORAIS, M.M., VERONA, C.E., MARTINS, A., e 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: 99–109.
- SANTANA, B.E.M.M., PRADO, M.R., LESSA, G., ROCHA, E.C. e MELO, F.R. 2008. Densidade, tamanho populacional e abundância dos primatas em um fragmento de Floresta Atlântica em Minas Gerais, Brasil. *Árvore*, 32(6):1109-1117.
- SEBER, G.A.F. 1965. A note on the multiple recapture census. *Biometrika*, 52:249-259.
- STEVENSON, M.F., e RYLANDS, A.B. 1988. The marmosets, genus *Callithrix*. In: MITTERMEIER, R.A.; RYLANDS, A.B.; COIMBRA-FILHO, A.F.; FONSECA, GAB. (Eds.) *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*, Washington, D.C: World Wildlife Fund., vol. 2, p. 612.
- VERONA, C.E.S., e PISSINATTI, A. 2007. Primates – Primatas do Novo Mundo (sagui, macaco-prego, macaco-aranha, bugio). In: CUBAS, Z.S.; SILVA, J.C.R., CATÃO-DIAS, J.L. *Tratado de animais selvagens: Medicina Veterinária*. São Paulo: Roca, p. 358-377.
- VERONA, C.E.S. 2008. Parasitos do sagui-do-tufo-branco (*Callithrix jacchus*) no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz. 82 p. Tese de Doutorado em Saúde Pública.
- VIEIRA, S. 2008. Introdução a bioestatística. Rio de Janeiro: Elsevier, 4. ed. 245p.
- ZAMITH, L.R.; SCARANO, F.R. 2004. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18(1): 161-176.

CAPÍTULO 14

Fenologia e variações na dieta e área de vida de saguis (*Callithrix* sp.) exóticos no Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Silva, L.A.¹; Rangel, C.H.¹

¹Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Projeto de Conservação da Fauna

Resumo

Estudos fenológicos são importantes para o entendimento da dinâmica dos ecossistemas florestais, principalmente quando avaliam disponibilidade de frutos para fauna em sua área de vida, contribuindo para planejar ações de controle populacional. O objetivo deste estudo foi descrever variações na dieta e área de vida de três grupos mistos de *Callithrix jacchus*, *Callithrix penicillata* e seus híbridos no arboreto do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, verificando se a fenologia de suas respectivas áreas de vida explica ou contribui para essas variações. Testou-se a hipótese de que mudanças sazonais ocorridas na dieta e uso do espaço estão ligadas a disponibilidade de itens alimentares, sendo, portanto, explicadas pela fenologia. Foram coletados dados entre Agosto de 2011 e Outubro de 2012 utilizando-se “animal focal” variando os indivíduos, totalizando 240 horas de observação. A dieta foi registrada qualitativa/quantitativamente, enquanto a área de vida não foi calculada, mas os percursos diários foram marcados em mapas sobrepostos posteriormente. Os dados apontam para uma dieta gomívora, característica do gênero. Houve aumento no consumo de itens vegetais da estação úmida para superúmida (mais chuvosa), como frutos

(de $n=34$ para 60) e flores ($n=3$ para 10), no entanto não superou o consumo de exsudados ($n=47$ para 79).

Palavras-chave: *Callithrix jacchus*, *Callithrix penicillata*, espécies exóticas, híbridos, sazonalidade.

Introdução

A família Callitrichidae inclui os menores primatas antropóides do mundo, compreendendo os gêneros *Saguinus*, *Leontopithecus*, *Callimico*, *Callithrix*, *Mico* e *Cebuella* (RYLANDS *et al.*, 2000). As espécies do gênero *Callithrix* pesam cerca de 350 a 450g e possuem ornamentos na cabeça e orelhas, que as distinguem.

Callithrix jacchus (Linnaeus, 1758) possui tufo de pêlos brancos circum-auriculares, mancha branca na testa, faces e pescoço cinza-sujo. A coloração geral do corpo é acinzentado-claro com reflexos castanhos e pretos, com o baixo dorso e cauda contendo faixas transversais. Vive em grupos de 7 a 15 indivíduos. *Callithrix penicillata* (E. Geoffroy, 1812) é muito semelhante a espécie anterior, mas possui tufo pré-auriculares longos e pretos, em forma de pincel. A face e cabeça até as escápulas são negras ou castanho-escuras, e a coloração geral cinzenta é mais escura do que *C. jacchus*. Formam grupos de 2 a 9 indivíduos (AURICCHIO, 1995).

As espécies desse gênero possuem uma vantagem competitiva em relação a outros primatas devido a capacidade de exploração de exsudados, que constituem um dos principais itens alimentares da sua dieta. O seu uso varia ao longo do ano de acordo com a disponibilidade dos outros itens alimentares, ou seja, quando insetos e frutos estão mais escassos os saguis utilizam mais a goma e quando há abundância deles a utilização de goma é reduzida (CASTRO; ARAUJO, 2006).

Callithrix jacchus originalmente se distribuía no nordeste brasileiro, ocupando os biomas de Mata Atlântica e Caatinga, enquanto *Callithrix penicillata* ocorria naturalmente na região centro-oeste brasileira, ocupando o bioma do Cerrado (VIVO, 1991). Estas duas espécies foram introduzidas nas regiões sudeste e sul do país através do tráfico de animais (RYLANDS *et al.*, 1993; RUIZ-MIRANDA *et al.*, 2000).

C. jacchus e *C. penicillata* são espécies introduzidas e já amplamente difundidas no Estado do Rio de Janeiro. São consideradas por Stevenson & Rylands (1988) como as ecologicamente mais bem sucedidas do gênero, levando em conta a grande distribuição geográfica, a população de alta densidade e sua eficiente exploração do habitat, sendo capazes de viver nos habitats mais antropizados e sazonais. Elas são capazes de conviver, formando grupos mistos, além de hibridarem e gerarem híbridos férteis (RANGEL, 2010; MODESTO E BERGALLO, 2008).

Segundo Rylands (1993), todas as espécies do gênero *Callithrix* são consideradas frugívoras-insetívoras, alimentam-se de flores, frutos, sementes, brotos, insetos, moluscos, pequenos vertebrados, ovos de aves e exsudados. O exsudado é uma importante fonte de recurso alimentar para o gênero (FERRARI, 1988, VILELA & FARIA, 2002), e *C. jacchus* e *C. penicillata* alimentam-se dele com frequência significativamente maior do que as outras espécies (RYLANDS, 1993). Uma questão importante a ser estudada é como a dieta pode ser modificada qualitativa e quantitativamente em função da disponibilidade de alimentos em sua área de vida (RIBEIRO, 2009).

Diferenças no tamanho da área de vida e no padrão de uso do espaço em primatas parece ser uma resposta às variáveis ambientais e sociais tais como a composição florística do habitat, distribuição e abundância de invertebrados, frutos e árvores de goma, disponibilidade de água, locais para pernoite, disponibilidade de parceiros sexuais, presença ou ausência de competidores e/ou predadores, bem como tamanho do corpo e necessidades metabólicas. Para melhor utilização de fontes alimentares, cada espécie desenvolve o tamanho médio de seus grupos no aproveitamento dos recursos naturais (CASTRO, 2003; RYLANDS, 1986). Cada grupo social ocupa uma determinada área denominada de área de vida. Os saguis formam grupos territorialistas e defendem sua área de vida.

A presença dos grupos de saguis nas áreas que abrangem a visitação pública no Jardim Botânico do Rio de Janeiro é facilitada por uma série de fatores, entre eles: a demasiada oferta de alimento provido ou natural e o agrupamento dos canteiros do arboreto e, conseqüentemente, das árvores fontes de alimento,

principalmente de exsudado (RANGEL, 2010; LIMA, 2011). A fenologia das árvores presentes nas áreas de vida dos grupos de *Callithrix spp.* estudados talvez possa explicar a importância das fontes frugívoras e as possíveis variações ocorridas em suas áreas de vida, o que pode variar o consumo do exsudado.

Estudos fenológicos são importantes para o entendimento da dinâmica dos ecossistemas florestais, principalmente quando avaliam a disponibilidade de frutos para a fauna (REYS *et al.*, 2005). Tendo em vista que os grupos de saguis se deslocam para diferentes áreas em épocas distintas do ano, o presente estudo teve por objetivo levantar informações fenológicas da área de vida e da dieta de três grupos mistos de *Callithrix jacchus*, *Callithrix penicillata* e seus híbridos no arboreto do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) de modo que seja possível identificar o quanto a fenologia é capaz de influenciar sua dieta e variação de suas respectivas áreas de vida. Testou-se a hipótese de que mudanças sazonais ocorridas na dieta e uso do espaço estão ligadas a disponibilidade de itens alimentares, sendo, portanto, explicadas pela fenologia.

Metodologia

No período de Agosto de 2011 até Outubro de 2012, foram realizadas observações com esforço amostral diário variando entre quatro e 10 horas, durante dois dias consecutivos em cada semana. Os dados foram coletados pela manhã e a tarde por observadores distintos, utilizando o método “animal focal” (ALTMANN, 1974) para observação, na qual se observou um indivíduo por vez, registrando, minuto a minuto, sua atividade. Não houve intervalo entre os indivíduos, de forma que as sessões amostrais não foram individualizadas. Foi observado um grupo diferente por dia, com total de três grupos.

A área de estudo foi o arboreto do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), que se localiza na zona sul da cidade do Rio de Janeiro (22°57' a 22°59' S e 43°13' a 43°14' W).

O Projeto de Conservação da Fauna no JBRJ realiza marcações nos grupos de saguis desde 2009 (RANGEL, 2010). Nas quais utiliza-se um colar de contas coloridas como marcação visível em campo. Apenas os adultos recebem o colar (figura 1).



Figura 1. Macho *C.jacchus* J8 e fêmea alfa J10 no arboreto do JBRJ (fotos: Silva, L.A 2012).

Foram realizadas observações preliminares com o objetivo de caracterizar os três grupos de saguis. Estes foram identificados através das suas respectivas área de vida (acompanhamento dos percursos diários), pela composição do grupo e marcações individuais. Estes dados permitiram que os grupos fossem identificados corretamente. O local de dormida do grupo foi anotado para facilitar o encontro do grupo no dia seguinte, mas esses dados não serão discutidos no presente trabalho.

Os grupos foram acompanhados desde o amanhecer e/ou até o seu local de dormida, tendo seu percurso marcado em um mapa. Foram anotados a hora de início e término das atividades do dia. Tendo em vista que os grupos de saguis se deslocam para diferentes áreas em épocas distintas do ano, a área de vida dos grupos foi delimitada sazonalmente com base nas estações úmida (abril a setembro) e superúmida (outubro a março).

No presente estudo o conceito de fenologia foi aplicado ao que frutificava e/ou florescia dentro das respectivas áreas de vida dos grupos de saguis estudados no JBRJ. De forma a verificar quais/quando espécies de frutos e flores estão disponíveis dentro das áreas de cada grupo, documentar se há períodos de escassez e verificar que frutos foram consumidos ou não pelos grupos de saguis. Os dados foram coletados toda vez que se observava árvores florescendo ou frutificando dentro da área de vida dos grupos, nos mesmos dias de coleta de dados de dieta.

Para os dados de dieta, foram anotadas a localização da árvore no mapa, qual item estava sendo consumido, nome da espécie e/ou nome popular, família e/ou ordem, e o número de tombo (da coleção do JBRJ) de cada árvore utilizada como fonte de alimentação. É importante ressaltar que a maioria das árvores do JBRJ possuem placas de identificação, e quando não, sua posição no canteiro remete a um número de tombo, que está inserido em um banco de dados com todas as informações necessárias. Foram feitas observações específicas quando os saguis se alimentavam de restos de alimentos encontrados em lixeiras ou no chão, e quando recebiam alimentos dos visitantes ou moradores do entorno do JBRJ, sendo estes dados anotados no campo observações.

As amostragens totalizaram 65 dias de campo, com um esforço amostral de 240 horas. Foram observadas variações no percurso diário e área de vida, variação na composição do grupo, e itens de dieta, e a fenologia de suas respectivas áreas de vida. No período de estudo em alguns meses não foi possível coletar dados fenológicos (abril e junho) devido a diferentes fatores, entre eles a dificuldade de encontrar o grupo em dias chuvosos ou de vento forte, pois muitas vezes os saguis deslocam-se em silêncio.

Resultados

Ocorreram alterações na composição e no número de indivíduos dos três grupos de saguis estudados no JBRJ (Tabela 1). Estas alterações podem ser explicadas por migrações, tanto entrada quanto saída de indivíduos, nascimentos e possível morte por predação. O grupo 1 não foi mais avistado desde abril, não sabendo-se o que houve com o grupo (provavelmente migraram para outra área), e a área de vida do grupo 1 passou a ser usada por outro grupo. Esse novo grupo somou a área do antigo grupo 1 a sua área inicial, passando a defendê-la. Optou-se por continuar o estudo na área, de modo que o novo grupo passou a ser denominado grupo 1.

Houve variação na composição do grupo 2 envolvendo oito indivíduos (um adulto saiu, dois juvenis tornaram-se subadultos, houve um nascimento de trigêmeos, que tornaram-se juvenis, e posteriormente mais um nascimento de gêmeos.) este grupo apresentava inicialmente sete indivíduos, tendo em sua composição final 12 indivíduos.

As alterações ocorridas na composição do grupo 3 podem ser explicadas, em parte, por um ataque que o grupo sofreu por macacos-prego (*Sapajus nigritus*) que habita o arboreto do JBRJ. A agressão não foi presenciada pelos observadores e sim por funcionários que filmaram o ataque, sendo o grupo reconhecido pela localização e composição. No vídeo é possível ver pelo menos um sagui sendo capturado por um macaco-prego, sendo predado em seguida. Houve ainda o nascimento de trigêmeos no grupo, que desapareceram sem que fosse identificado o motivo. Deste modo a composição inicial do grupo era de sete indivíduos, e na final passou a ser de apenas quatro.

Para o presente estudo, as áreas de vida serviram apenas para separar e identificar os grupos (figura 2) e verificar se houve variação sazonal. Foi observado um aumento no uso do espaço de acordo com o aumento sazonal da frutificação e floração das árvores no arboreto do JBRJ, de modo que as áreas de vida dos três grupos apresentaram marcante variação sazonal entre as estações úmida (menos chuvosa) e superúmida (mais chuvosa). Quando havia mais árvores frutificando e/ou florindo em suas áreas ou em áreas adjacentes, os grupos aumentaram o acesso a elas diversificando assim sua dieta. Com o aumento das áreas, foi observado que os encontros entre os grupos tornaram-se mais frequentes, aumentando os registros de disputa de território e de recursos.

	inicial	Composição final dos grupos				
Grupo	Indivíduo	Indivíduo	Espécie	Sexo	Classe Etária	Marcação cores
1 ¹	A37	-	-	-	-	-
	J28	-	-	-	-	-
	B37	-	-	-	-	-
	J9	-	-	-	-	-
	J10	-	-	-	-	-
	C37	-	-	-	-	-
	-	D37	híbrido	Fα ²	adulto	-
	-	E37	híbrido	F	adulto	-
	-	F37	híbrido	M	adulto	-
	-	G37	híbrido	M	adulto	-
	-	H37	híbrido	M	adulto	-
	-	I37	híbrido	M	adulto	-
	-	L37	?	?	juvenil	-

2	J8	J8	<i>C. jacchus</i>	M	adulto	Azul/rosa/ amarelo
	J24	J24	<i>C. penicillata</i>	F α^2	adulto	Rosa/cinza/ branco*
	A8	A8	híbrido	M	adulto	-
	B8	B8	híbrido	F	adulto	-
	C8	C8	híbrido	F	adulto	-
	E8	-	híbrido	?	adulto	-
	-	D8	híbrido	M	subadulto	-
	-	F8	híbrido	F	subadulto	-
	D8	G8	?	M	juvenil	-
	F8	H8	?	?	juvenil	-
	-	I8	?	?	juvenil	-
	-	BB1	?	?	infante	-
	-	BB2	?	?	infante	-
3 ³	A32	-	-	-	-	-
	B32	J32	híbrido	M	adulto	azul/vermelho/ branco
	C32	-	-	-	-	-
	D32	J35	híbrido	F α^2	adulto	rosa/vermelho/ verde
	E32	-	-	-	-	-
	F32	J33	híbrido	M	adulto	azul/vermelho/ amarelo
	G32	-	-	-	-	-
	-	J34	híbrido	F	subadulto	-

Tabela 1. Variação na composição de três grupos de saguis no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, mostrando a composição inicial em Agosto de 2011 e a composição final em Outubro de 2012.

O grupo 2, por se tratar de um grupo grande, foi o que apresentou uma maior área de vida e também uma maior variação no tamanho dos espaços entre as estações úmida e superúmida. O grupo que apresentou a menor área de vida foi o grupo 3, provavelmente por se tratar de um grupo pequeno. Este grupo tinha o hábito de sair do arboreto do JBRJ pela fiação da rede elétrica, e frequentar ruas das proximidades onde eram constantemente alimentados por moradores, apesar dos avisos por parte dos pesquisadores de que os saguis não deveriam ser alimentados.

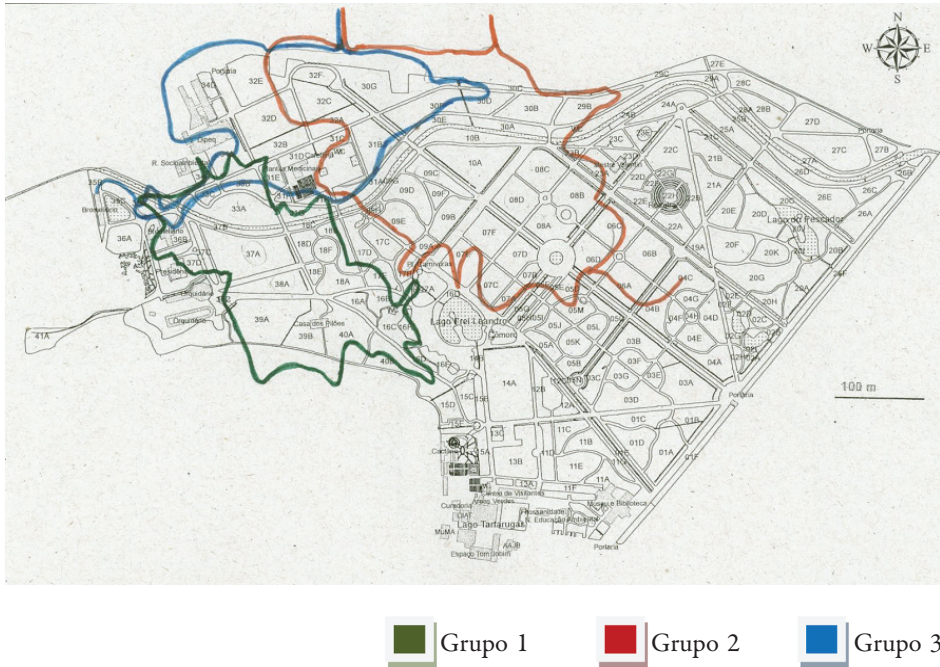


Figura 2. Áreas de vida (soma de percursos diários) dos grupos de *Callithrix* spp. no JBRJ, no período de Agosto de 2011 a Outubro de 2012.

Foram detectadas florescendo e/ou frutificando 27 espécies botânicas pertencentes a 19 famílias na área de vida do grupo 1, 41 espécies botânicas pertencentes a 21 famílias na área de vida do grupo 2 e 24 espécies botânicas pertencentes a 16 famílias na área de vida do grupo 3. Foi observado que os saguis não utilizaram todas as espécies como fonte de alimento. Entre as utilizadas, algumas espécies tiveram apenas exsudados consumidos, em outras foi observado apenas o consumo de flores e frutos, enquanto em outras foram consumidos tanto exsudados quanto frutos.

Os saguis apresentaram uma dieta variada, incluindo exsudados, frutos, folhas, flores, néctar, invertebrados e pequenos vertebrados, além de alimentos oferecidos ou facilitados por humanos. Obteve-se 300 registros de alimentação, que representam cerca de 55% do tempo de acompanhamento dos grupos de saguis gastos com alimentação e forrageamento e, conseqüentemente, do período de atividades dos animais.

Houve aumento no consumo de itens vegetais da estação úmida para superúmida (mais chuvosa), como frutos (de $n=34$ para 60) e flores ($n=3$ para 10), não superando o consumo de exsudados ($n=47$ para 79). Na estação superúmida houve aumento do uso do espaço, conforme aumento sazonal da frutificação e floração das árvores, proporcionando também acesso a novas árvores gomívoras. Apesar da disponibilidade de frutos o ano todo, na estação superúmida houve maior diversidade e abundância destes, mas não influenciou a gomivoria. Os resultados indicam que há uma variação sazonal na dieta e uso das áreas pelos grupos de saguis estudados e que a fenologia dessas áreas pode explicar tais variações, corroborando com nossa hipótese.

Discussão

Os resultados do presente estudo demonstram que os grupos de *Callithrix spp.* presentes do Jardim Botânico do Rio de Janeiro apresentaram tamanhos que variaram entre quatro e doze indivíduos, com o casal reprodutor, mais de um indivíduo adulto, e a prole, corroborando com estudos amplamente divulgados na literatura (RYLANDS, 1996; FERRARI & DIGBY, 1996; AURICCHIO, 1995; VIVO, 1991).

No período de estudo, foram observados dois nascimentos por ano em dois grupos, sendo que em cada grupo houve pelo menos um nascimento de trigêmeos. Estes dados corroboram com Auricchio (1995), que afirma que o período de gestação para *Callithrix* é de aproximadamente 145 dias e dá origem a gêmeos fraternos ou, com menor frequência, a um único filhote ou a três filhotes.

A literatura mostra que a mudança da composição do grupo e o interesse por determinada área podem estar associadas a disponibilidade e/ou fartura de alimento em um local específico (CASTRO, 2003; RYLANDS, 1986). Neste sentido, houve um aumento no uso do espaço, de acordo com o aumento sazonal da frutificação e floração das árvores no arboreto do JBRJ. Os grupos de saguis estudados aumentaram suas áreas de vida na estação superúmida (mais chuvosa), quando havia mais árvores frutificando e florindo, aumentando assim o acesso a elas e diversificando sua dieta. Os dados corroboram com os estudos de Rylands (1986), que dizem que as diferenças na estrutura e composição

florística do habitat podem influenciar o tamanho da área de vida e o uso do espaço em espécies do gênero *Callithrix*. Estes resultados estão de acordo com os descritos por Castro (2003) e, onde a variação no uso da área de vida poderia ser resultado de uma série de fatores, tais como distribuição e abundância de alimentos.

Ruiz Miranda *et al.* (2000) considera que *C. jacchus* e *C. penicillata* se adaptam bem a ambientes antropizados. Os dados de fenologia do presente estudo mostram que *Callithrix* spp. são capazes de utilizar um alto número de espécies áboreas, alimentando-se de flores e frutos disponíveis sazonalmente em suas áreas de vida, evidenciando sua alta plasticidade. O fato de o JBRJ ser um local com canteiros agrupados e espécies botânicas nativas e exóticas oriundas de várias partes do mundo pode colaborar com esses dados.

Os dados de alimentação apontam para uma dieta baseada em gomivoria, um comportamento característico do gênero *Callithrix*. Os exsudatos constituíram grande parte da dieta do grupo durante o período de observação, inclusive durante a estação menos chuvosa (úmida) concordando com Rangel (2010) que para a mesma área de estudo, encontrou maior consumo de itens vegetais, como frutos e flores, do que exsudatos na estação úmida em relação a superúmida.

Conclusão

O JBRJ é uma área alterada e antropizada, fato que facilita a adaptação de espécies generalistas, como é o caso de *C. jacchus* e *C. penicillata*. Mas a oferta deliberada de recursos disponibilizados ativa ou passivamente por humanos, modifica o comportamento e hábito alimentar dos animais, chegando a interferir no uso do espaço e criar disputas territoriais como forma de assegurar o acesso a esse alimento de fácil obtenção.

A fenologia das árvores presentes nas áreas de vida dos grupos de saguis estudados pode explicar as variações sazonais no uso dessas áreas. Portanto, a variação ocorrida pode ser explicada pela disponibilidade de frutos e flores na área, o que mostra a importância dessas fontes de alimento mesmo para animais gomívoros. Os grupos de *Callithrix* estudados aumentaram o consumo de flores e frutos na estação superúmida, porém não ultrapassou o consumo de

exsudados. Entretanto o estudo mostrou que, apesar da abundância de itens vegetais, os grupos não consumiam tudo que estava disponível, demonstrando que existe certa seletividade quanto ao consumo alimentar, mesmo para animais bastante plásticos na dieta.

Referências

- ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behavior**, v. 49, p. 227-267. 1974.
- AURICCHIO, P. **Primatas do Brasil**. São Paulo: Terra Brasilis, 1995. 168p.
- CASTRO, C.S.S. Tamanho da área de vida e padrão de uso do espaço em grupos de saguis, *Callithrix jacchus* (Linnaeus) (Primates, Callitrichidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, 2003. v.20, n.1, p. 91-96.
- CASTRO, C.S.S.; A. ARAÚJO; C.R. Alho & M.M. Dias-Filho. Influência na distribuição e disponibilidade dos frutos, na dieta e no uso do espaço em saguis-do-nordeste (*Callithrix jacchus*), p. 65-80. *In*: C. Alonso & A. Langguth (Eds) **A Primatologia no Brasil**. 7. João Pessoa, SBPr, Ed. Universitária, 220p. 2000.
- FERRARI, S. F. & DIGBY, L. J. **Wild Callithrix groups: Stable extended families?** American Journal of Primatology 38: 19-27. 1996.
- FERRARI, S. F. **The behaviour and ecology of the buffy-headed marmoset, Callithrix flaviceps (O. Thomas, 1903)**. Doctoral thesis, University College London, London. 1988.
- LIMA, L.S. **Comportamento Social em grupos de Callithrix spp. (Primates, Callitrichidae) no Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Monografia de graduação em Ciências Biológicas, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro. 2011.
- MODESTO, T.C. & BERGALLO, H.G. **Ambientes diferentes, diferentes gastos de tempo entre atividades: o caso de dois grupos mistos do exótico Callithrix spp. na Ilha Grande, RJ, Brasil**. Neotropical Biology and Conservation 3(3):112-118, September – December. 2008
- RANGEL, C. H. **Ecologia e Comportamento de Callitrichidae (Primates) no Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em ecologia e evolução) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010.
- REYS, PAULA; GALETTI, MAURO; MORELLATO, L. PATRÍCIA C. AND SABINO, JOSÉ. **Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul**. Biota Neotrop., Campinas, v. 5, n. 2, 2005.

- RIBEIRO, K. S. **O Comportamento Alimentar do *Callithrix penicillata* na Reserva Biológica Surucuí, no município de Campo Grande/MS.** Departamento de Comportamento Animal, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Mato Grosso do Sul-MS. 2009.
- RUIZ-MIRANDA, C. M. *et al.* **Distribuição do sagui (*Callithrix jacchus*) nas áreas de ocorrência do mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*) no Estado do Rio de Janeiro**, v.8, n.3, p.98 - 101. Neotropical Primates, 2000.
- RYLANDS, A.B.; NORCONK, M.; ROSENBERGER, A.; GARBER, P. **Primates of the Atlantic Forest: Origin, Distribution, Endemism and communities.** Adaptive Radiations of Neotropical Primates. New York: Plenum Press. 1996.
- RYLANDS, A. B. e FARIA, D. S. D.. **Habitats, feeding ecology, and home range size in the genus *Callithrix*.** In: RYLANDS, A. B. (Ed.). Marmosets and Tamarins: systematics, behaviour, and ecology. Oxford: Oxford University Press., p.262 – 272. 1993
- RYLANDS, A. B. **Rangingbehavvour and habitat preference of a wild marmoset group, *Callithrix humeralifer* (Callithrichidae, primetes).** J. Zool. Lond, (A), 210: pp. 489-514. 1986.
- STEVENSON, M. F.; RYLANDS, A. B. **The marmosets, Genus *Callithrix*.** pp.146-162. In: Ecology and Behavior of Neotropical Primates. Vol.2, MITTERMEIER, R. A.; RYLANDS, A. B.; COIMBRA-FILHO, A. F. & FONSECA G. A. B. (eds.), World Wildlife Fund, Washington. 1988.VILELA, S. L & FARIA D.S. **Dieta do *Callithrix penicillata* (Callithrichidae, Primates)em áreas de Cerrado no Distrito Federal, Brasil.** Neotropical Primates p. 17-20. 2002
- VIVO, M. **Taxonomia de *Callithrix* Erxleben, 1777 (Callitrichidae, Primates) Belo Horizonte:** Fundação Biodiversitas. 1991

CAPÍTULO 15

Sympatria entre *Alouatta caraya* (Humbolt, 1812) e *Alouatta guariba* (Cabrera, 1940): O que torna isso possível?

Tainara Venturini Sobroza¹, Cristiane Fortes Marks¹, Géssica Radtke² & Marina Anciães¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

²Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

ABSTRACT

Sympatry between neotropical primate species of the same genus is relatively rare, even though, sympatry areas between brown howler monkey (*Alouatta guariba*) and black and gold howler monkey (*A. caraya*) have been registered. The factor that allows this co-occurrence is still poorly known, so our goal is to predict co-occurrence areas between these species and the associated environmental variables. Therefore, we modeled geographic distributions for these species with MAXENT program using occurrence coordinates and environmental variables. The annual precipitation and minimal temperature from the coldest month were important variables for the occurrence of both species. Slope was a differential item because it was important exclusively to black and gold howler monkey while temperature from the hottest month only explicate the brown howler distributions. It was possible to infer through the models that areas of probable sympatry are those with slope values favorable to black and gold howler and temperature from the hottest month favorable to *A. guariba*, it being a place where both species have the same competitive condition. Considering that the actual black and gold howler distribution is not limited by any geographic barrier, it is possible that other factors are limiting as the variables hereby shown or brown howler distribution.

RESUMO

A simpatria entre espécies de primatas neotropicais de um mesmo gênero é relativamente rara, apesar disso, já foram registradas áreas de simpatria entre o bugio ruivo (*Alouatta guariba*) e bugio preto (*A. caraya*). Os fatores que permitem esta co-ocorrência são pouco conhecidos. Assim, nosso objetivo foi prever áreas de co-ocorrência entre estas espécies e as variáveis ambientais associadas. Para tal, modelamos suas distribuições geográficas através do programa MAXENT utilizando pontos de ocorrência e variáveis ambientais. A precipitação anual e temperatura mínima do mês mais frio foram importantes para a ocorrência de ambas espécies. A declividade foi um item diferencial, sendo apenas relevante para o bugio preto enquanto a temperatura máxima do mês mais quente fora explicativo apenas para o bugio ruivo. Através dos modelos gerados, é possível inferir que os locais de possível simpatria sejam áreas onde os valores de declividade sejam mais favoráveis à presença do bugio preto e temperatura do mês mais quente favorável à do bugio ruivo, fornecendo um ambiente em que as duas espécies estão em condição de igualdade competitiva. Considerando que a distribuição atual do bugio preto não é limitada por qualquer barreira geográfica, acredita-se que outros fatores sejam limitantes para a distribuição dessa espécie, como a distribuição do bugio ruivo ou as variáveis ambientais aqui apresentadas.

INTRODUÇÃO

Há muito tem-se tentado compreender o que possibilita que as espécies co-existam. Grinnell (1917) ao buscar uma resposta dessa questão, cria o termo “nicho”, que para o autor corresponderia às condições ambientais ideais para as espécies. Ao longo dos anos, novos aspectos foram incorporados à esse conceito (Elton, 1927; Hutchinson, 1957; Chase *et al.*, 2003). Hutchinson (1957) define nicho ecológico como um hipervolume n-dimensional constituído por fatores ambientais. Parte desse hipervolume, também é referido pelo autor como nicho fundamental e representaria todas as variáveis ambientais que possibilitam a sobrevivência das espécies. Por outro lado, nicho realizado seria aquela porção do nicho fundamental que a espécie é capaz de ocupar quando levada em conta as interações com outras espécies como competidores, predadores e parasitas (Hutchinson, 1957; Chase *et al.*, 2003).

Informações sobre o nicho ecológico das espécies podem ser apresentadas em um gride que associe informações sobre o nicho fundamental das espécies e informações geográficas (Pulliam, 2000). Ao plotar informações bioclimáticas juntamente com pontos de ocorrência das espécies em um mapa, pode-se reconstruir seus nichos fundamentais e estimar a partir deles outras áreas que sejam apropriadas para a ocorrência da espécie (Soberón & Peterson, 2005). Utilizando diferentes algoritmos de associação, estimadores de distribuições potenciais de espécies tem sido usados, a exemplo do programa MAXENT (Phillips *et al.*, 2006).

Sabe-se que a simpatria entre espécies de primatas neotropicais de um mesmo gênero é relativamente rara, principalmente se comparado à primatas do Velho Mundo (Peres & Janson, 1999; Ferrari, 2004). Apesar disso, já foram registrados pontos de co-ocorrência entre espécies como o bugio de manto e o bugio preto da América Central (*Alouatta palliata* e *A. pigra*, Cortés-Ortiz *et al.*, 2003), bugio de manto e o guariba (*A. palliata* e *A. seniculus*, Defler, 2004), guariba e bugio preto (*A. seniculus* e *A. caraya*, Wallace *et al.*, 1998), guariba e o guariba-de-mãos-ruivas (*A. seniculus* e *A. belzebul*, Pinto & Setz, 2000), e bugio ruivo e bugio preto (*A. guariba clamitans* e *A. caraya*) havendo, inclusive, registro de potenciais híbridos entre essas duas últimas espécies (Aguiar *et al.*, 2007a; Agostini *et al.*, 2008; Bicca-Marques *et al.*, 2008). As zonas de contato entre distribuições geográficas de táxons relacionados podem ser de grande importância para compreender mecanismos de especiação, hibridização e possibilidades de competição interespecífica (Jones & Bicca-Marques, 2004; Röhe, 2006; Boubli & Lima, 2009). Assim, o presente estudo tem como objetivo inferir quais variáveis ambientais estão associadas à simpatria entre o bugio preto (*Alouatta caraya*) e bugio ruivo (*Alouatta guariba*) através de modelos de distribuições potenciais das espécies.

METODOLOGIA

Modelos de distribuição geográfica foram gerados a partir do programa MAXENT versão 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2006) utilizando como dados de entrada pontos de ocorrência das espécies e variáveis ambientais. Os pontos de ocorrência das espécies foram obtidos através de uma pesquisa bibliográfica em

artigos e resumos científicos através de plataformas online como *Web of Sciece* e *Google escolar*. Ao todo, foram 147 coordenadas geográficas utilizadas. Como análise exploratória, onze variáveis ambientais obtidas nos sites *WorldClim* (<http://www.worldclim.org/tiles.php>) e *Climond* (<http://www.climond.org>) foram utilizadas. As camadas ambientais foram padronizadas em uma resolução espacial de cinco quilômetros no programa ArcGis versão 9.3.1 e 10.1 (ESRI).

Os modelos gerados pelo programa MAXENT, só utilizam dados de ocorrência e são sensíveis à proporção de presenças concretas e presenças previstas, gerando um valor a partir das curvas de características de receptor operante (*receiver operating characteristic* (ROC)). Da integração entre essas curvas, resulta o valor da área abaixo da curva (*area under the curve* (AUC)) sendo que esse valor varia de 0 a 1 e indica a medida de rendimento do programa, bem como sua precisão (Weber *et al.*, 2010). Valores abaixo de 0,5 indicam que o modelo não é melhor do que o esperado ao acaso (Vidal-Garcia & Serio-Silva, 2011). Dez modelos foram gerados para cada uma das espécies e os modelos mais representativos (baseado em valores mais elevados de AUC e inspeção visual dos mapas de distribuições gerados) foram tratados no programa ArcGis 10.1.

Para avaliar a contribuição de cada variável ambiental, aplicou-se o teste *Jackknife* presente também no pacote do programa MAXENT 3.3.3. Após verificar através do *Jackknife* quais variáveis não respondiam aos pontos de ocorrência das espécies, essas foram retiradas e o programa foi novamente rodado (tabela 1).

Tabela 1. Variáveis utilizadas para gerar os modelos de distribuições potenciais no programa MAXENT.

Código Bioclim	Descrição
Bio 1	Temperatura média anual
Bio 2	Intervalo médio diurno
Bio 5	Temperatura máxima do mês mais quente
Bio 6	Temperatura mínima do mês mais frio
Bio 12	Precipitação anual
Bio 13	Precipitação do mês mais úmido
Bio 14	Precipitação do mês mais seco
h_dem.	Altitude
h_slope.	Declividade

RESULTADOS

Um mapa para cada uma das espécies estudadas foi obtido com as áreas de distribuição potenciais para as mesmas (figura 1). As análises estatísticas do programa indicam valores de AUC de 0,933 com desvio padrão de 0,027 para o bugio preto e de 0,961 com desvio padrão de 0,008 para o bugio ruivo. Esses valores indicam, com bastante acurácia, que as localidades previstas estão relacionadas às variáveis ambientais utilizadas e que a distribuição não seria a mesma, caso fosse estabelecida ao acaso.

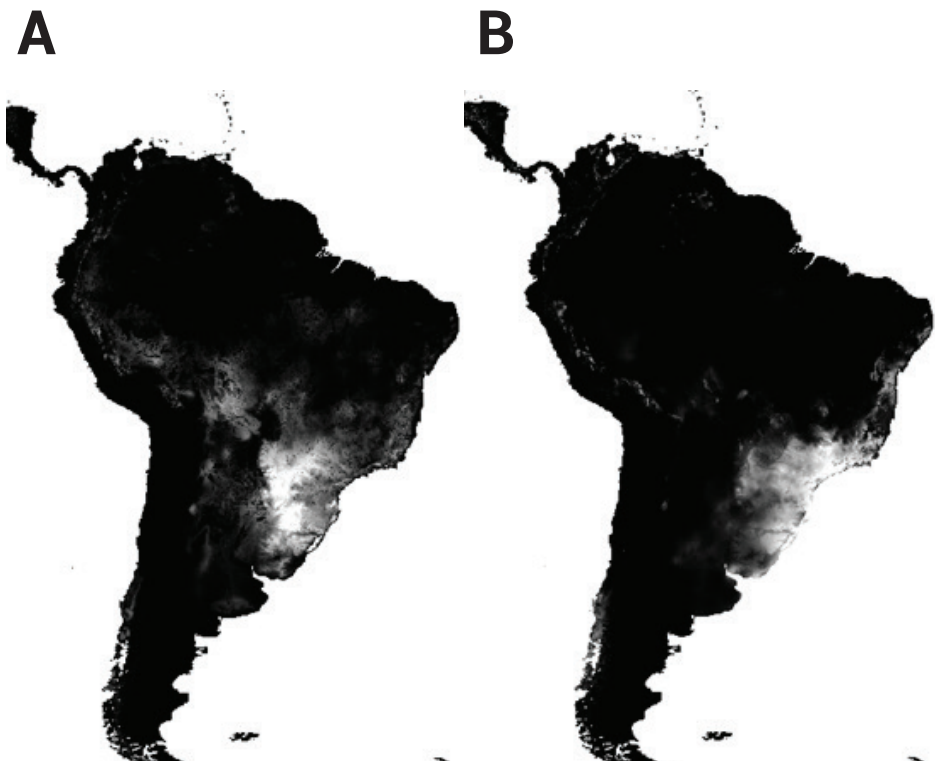


Figura 1. Mapa de distribuição potencial do bugio preto (*Alouatta caraya*) (A) e bugio ruivo (*Alouatta guariba*) (B). As cores mais claras representam os locais com maior probabilidade de ocorrência de cada espécie.

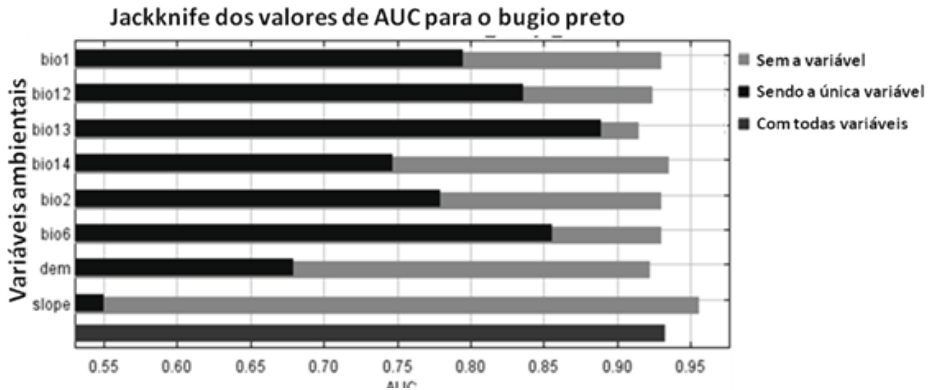


Figura 2. Teste de *Jackknife* apresentando o grau de contribuição de cada variável para a constituição do nicho fundamental do bugio preto.

Através do teste *Jackknife* é possível inferir que as variáveis que melhor pre-disseram a distribuição do bugio preto quando analisadas isoladamente foram: precipitação do mês mais úmido, temperatura mínima do mês mais frio e precipitação anual. Já, a declividade possui pouco ganho quando analisada separadamente, sendo também a variável que menos diminuiu a resposta quando omitida (figura 2). Apesar disso, essa variável foi importante unicamente para essa espécie.

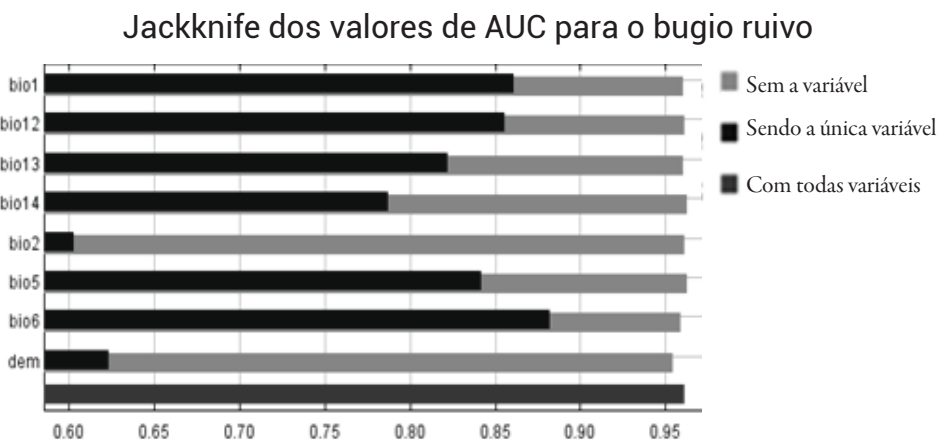


Figura 3. Teste de *Jackknife* apresentando o grau de contribuição de cada variável para a constituição do nicho fundamental do bugio ruivo.

Para o bugio ruivo a temperatura mínima do mês mais frio, quando analisada separadamente, foi a variável que mais contribuiu para a definição do nicho, seguido de temperatura média anual, precipitação anual e temperatura máxima do mês mais quente (Fig.3). Altitude e intervalo médio diurno foram as variáveis que menos contribuíram para os modelos apresentando pouca importância quando analisadas individualmente. Observa-se ainda que a omissão de altitude e intervalo médio diurno não acarretou em perda substancial de informações.

DISCUSSÃO

Dentre as três variáveis que melhor explicaram as distribuições das espécies, a precipitação anual e a temperatura mínima do mês mais frio foram fatores em comum entre ambas as espécies. Essas variáveis são importantes preditoras para a densidade de primatas ocorrentes na Mata Atlântica, no entanto, os gêneros respondem diferentemente à essas variáveis (Pinto *et al.*, 2008). O presente estudo vai ao encontro dos resultados obtidos por Pinto *et al.* (2008) pois pudemos constatar que para o bugio ruivo a temperatura mínima do mês mais frio foi a mais representativa do que para o bugio preto. A importância dessas variáveis para o nicho fundamental dessas espécies deve estar relacionado com o fato de que elas são predominantemente folívoras e temperatura e precipitação estão diretamente relacionadas com a produtividade primária das florestas (Pinto *et al.*, 2008, Gouveia *et al.*, 2014).

No presente estudo podemos constatar também, que os fatores ambientais responsáveis pela distribuição de do bugio preto e do bugio ruivo são bastante similares, o que complementaria o trabalho de Agostini *et al.* (2010) que aponta para o fato de que o nicho dessas espécies seriam parecidos. Apesar disso, pudemos identificar através dos modelos gerados que duas variáveis ambientais foram exclusivas para cada uma das espécies, sendo declividade apenas importante para o bugio preto e temperatura máxima no mês mais quente apenas para o bugio ruivo.

Outros casos de primatas congêneres com nichos fundamentais parecidos são conhecidos, como a relação entre o sauí-de-mãos-douradas (*Saguinus midas*) e o sauí-de-coleira (*Saguinus bicolor*). Assim como nos bugios, pequenas

diferenças no nicho dessas espécies são apresentadas, sendo que o sauíim-de-mãos-douradas estaria mais associado a áreas de menor declividade (Röhe, 2006). Ainda, primatas como os uakaris (*Cacajao hosomi*, *Cacajao ayeresi* e *Cacajao melanocephalus*), possuem nichos fundamentais relativamente similares sendo a isotermalidade da região onde ocorrem um dos principais fatores a explicar essa similaridade (Boubli & Lima, 2008). Apesar dos nichos similares, há uma clara barreira geográfica entre o uacari-preto (*Cacajao melanocephalus*) e os uacaris-do-aracá e uacaris-da-neblina (*Cacajao ayeresi* e *Cacajao hosomi*), o Rio Negro, o que possibilita que as espécies utilizem um nicho ecológico similar sem que haja competição (Boubli & Lima, 2008).

Sabe-se que a distribuição atual do bugio preto não é limitada por qualquer barreira geográfica clara (Córtes-Ortiz *et al.*, 2003) diferentemente de outras espécies do mesmo gênero (Aguiar *et al.*, 2007b) o que sugere que outros fatores sejam limitantes para essa reduzida sobreposição de distribuições. Os fatores que possibilitam essa baixa sobreposição podem ser as variáveis aqui apresentadas ou competição entre as espécies, como fora sugerido por Agostini *et al.* (2010). Assim, os possíveis locais de simpatria entre espécies seriam áreas onde os valores de declividade sejam favoráveis à presença do bugio ruivo e temperatura máxima do mês mais quente seja favorável à presença do bugio ruivo. Acredita-se que a declividade possa ser menos importante para *A. guariba*, pois esse ocorre na Mata Atlântica, onde há maiores gradientes de declividade diferentemente do bugio preto encontrado em áreas de chaco, pantanal e cerrado (Gregorin, 2006).

As variáveis ambientais aqui apresentadas além de afetarem diretamente as espécies, também mediam as relações dos bugios com seus parasitas. Martínez-Mota *et al.* (2014) salientam, por exemplo, que a precipitação é um fator importante para a prevalência de parasitas nematódeos em bugios. Ainda, temperatura e pluviosidade atuam no desenvolvimento de mosquitos e vírus causadores da febre amarela (Bates & Roca-Garcia, 1946; Martínez-Mota *et al.*, 2014). Essa epizootia, por sua vez, costuma ter severas consequências para as populações de bugios (Almeida *et al.*, 2012; Veiga 2013) e consecutivamente a distribuição da espécie. Assim, os fatores ambientais aqui apresentados, também mediam as

interações dos bugios com seus parasitas, ou seja, parte do nicho realizado das espécies (Soberón, 2007).

O presente estudo aponta variáveis que possibilitariam a co-ocorrência de *A. caraya* e *A. guariba*, essas informações podem subsidiar estudos futuros que tratem sobre simpatria e hibridização das mesmas. Trabalhos que avaliem os limites das variáveis ambientais aqui apontadas devem ser realizados para melhor compreender o grau de sobreposição dos nichos fundamentais das espécies. Além disso, modelos que disponham de informações sobre o uso da terra também podem ser de grande importância, já que a fragmentação do habitat poderia estar influenciando nas probabilidades de co-ocorrência das espécies.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Ms. Renata Schmitt e Dr. Marcelo Brasa pela contribuição durante a elaboração dos modelos. Ainda, agradecemos aos Drs. Nilton Cáceres e Marcelo Weber pelas dicas dadas previamente à execução do trabalho. Durante a pesquisa a autora recebia bolsa de assistência estudantil pelo convênio entre Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais (ANDIFES) e Banco Santander, bem como pelo Programa de Educação Tutorial (PET) regulamentado pelo Ministério da Educação do governo brasileiro.

REFERÊNCIAS

- Agostini, I., Holzmann, I. & Di Bitetti, M.S. (2008) Infant hybrids in a newly formed mixed-species group of howler monkeys (*Alouatta guariba clamitans* and *Alouatta caraya*) in northeastern Argentina. *Primates* 9:304-307.
- Agostini I., Holzmann I. & Di Bitetti, M.S. (2010) Ranging patterns of two syntopic howler monkey species (*Alouatta guariba* and *A. caraya*) in Northeastern Argentina. *International Journal of Primatology* 31:363–381.
- Aguiar, L.M., Mellek, D.M., Abreu, K.C. & Boscarato, T.G. (2007a) Sympatry between *Alouatta caraya* and *Alouatta clamitans* and the rediscovery of free-ranging potential hybrids in Southern Brazil. *Primates* 48:245-248.
- Aguiar, L.M., Pie, M.R. & Passos, F.C. (2007b) Wild mixed groups of howler species (*Alouatta caraya* and *Alouatta clamitans*) and new evidence for their hybridization. *Primates* 49:149-152.

- Bates, M. & Roca-Garcia, M. (1946) The development of the virus of yellow fever in *Haemagogus* mosquitoes. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 26:585-605.
- Boubli, J.P. & Lima, M.G. (2009) Modeling the geographical distribution and fundamental niches of *Cacajao* spp. and *Chiropotes israelita* in northwestern Amazonia via a maximum entropy algorithm. *International Journal of Primatology* 30:217 – 228.
- Bicca-Marques, J.C., Prates, H.M., Aguiar, F.R.C. & Jones, C.B. (2008) Survey of *Alouatta caraya*, the black-and-gold howler monkey, and *Alouatta guaribana clamitans*, the brown howler monkey, in a contact zone, State of Rio Grande do Sul, Brazil: evidence for hybridization. *Primates* 49:246-252.
- Chase, J.M. & Leibold, M.A. (2003) *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*, (1ed). University of Chicago Press, London.
- Cortés-Ortiz, L., Bermingham, E., Rico, C.; Rodríguez-Luna, E., Sampaio, I. & Ruiz-García, M. (2003) Molecular systematics and biogeography of the Neotropical monkey genus, *Alouatta*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 26: 64-81.
- Defler, T.R. (2004) *Primates of Colombia*. Conservation International, Bogota.
- Elton, C. (1927) *Animal ecology*. Sedgwick and Jackson, London.
- Ferrari, S.F. (2004) Biogeography of Amazonian primates. In: Mendes, S.L., & Chiarello, A.G. *A Primatologia no Brasil*. Sociedade Brasileira de Primatologia, Santa Teresa, 101-122.
- Gregorin, R. (2006) Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta* Lacepède (Primates, Atelidae) no Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23: 64-144.
- Gouveia, S. F., Villalobos, F.; Dobrovolski, R., Beltrão-Mendes, R. & Ferrari, S. F. (2014) Forest structure drives global diversity of primates. *Journal of Animal Ecology* 83:1523-1530.
- Grinnell, J. (1917) The niche-relationships of the California thrasher. *American Ornithologists' Union* 34:427-433.
- Hutchinson, G.E. (1957) Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22:415- 442.
- Jones, C.B. & Bicca-Marques, J.C. (2004) Contact zones and their importance for scientific primatology and the preservation of primate biodiversity. *Neotropical Primates* 12: 159-159.

- Martínez-Mota, R., Kowalewski, M.M. & Gillespie, T.R. (2015) Ecological determinants of parasitism in howler monkeys. In: Kowalewski, M.M., Garber, P.A., Cortes-Ortiz, L., Urbani, B. & Youlatos, D. *Howler monkeys adaptive radiation, systematics and morphology*. Springer, Developments in Primatology: Progress and Prospects Series, 259-285.
- Peres, C.A. & Janson, C.H. (1999) Species coexistence, distribution, and environmental determinants of neotropical primate richness: a community-level zoogeographic analysis. In: Fleagle, J.G., Janson, C.H. & Reed, K.E. *Primates communities*. Cambridge University Press, Cambridge, 55-74.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231–259.
- Pinto, L.P. & Setz, E.Z.F. (2000) Sympatry and new locality for *Alouatta belzebul discolor* and *Alouatta seniculus* in the Southern Amazon. *Neotropical Primates* 8:150-151.
- Pinto, N., Lasky, J.R., Bueno, R., Keitt, T.H. & Galetti, M. (2008) Primate densities in the Brazilian Atlantic forest: the role of habitat quality and anthropogenic disturbance. In: Garber, P.A., Estrada, A., Bicca-Marques, J.C., Heymann, E.W. & Strier, K.B. *South American Primates: Comparative Perspectives in the Study of Behavior, Ecology, and Conservation*. Springer, New York, 413-431.
- Pulliam, H. R. (2000) On the relationship between niche and distribution. *Ecology letters* 3:349-361.
- Röhe, F. (2006) Área de contato entre as distribuições geográficas de *Saguinus midas* e *Saguinus bicolor* (Callitrichidae-Primates): a importância de interações e fatores ecológicos. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- Soberón, J. & Peterson, A.T. (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Soberón, J. (2007) Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography* 33:159-167.
- Veiga, J. B. (2013) Tamanho e densidade das populações de *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940 (Primates, Atelidae) no Campo de Instrução de Santa Maria e áreas vizinhas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Vidal-Garcia, F. & Serio-Silva, J.C. (2011) Potential distribution of Mexican primates: modeling the ecological niche with the maximum entropy algorithm. *Primates* 52:261-270.

- Wallace, R.B., Painter, R.L.E. & Taber, A.B. (1998) Primate diversity, habitat preferences, and population density estimates in Noel Kempff Mercado National Park, Santa Cruz Department, Bolivia. *American Journal of Primatology* 46:197-211.
- Weber, M.M., Terribile, L.C. & Cáceres, N.C. (2010) Potential geographic distribution of *Myotis ruber* (Chiroptera, Vespertilionidae), a threatened Neotropical bat species. *Mammalia* 74:333-338.

CAPÍTULO 16

Efeito da sazonalidade sobre o padrão comportamental de um grupo de saguis-do-rabo-preto (*Mico melanurus*) em um fragmento florestal urbano.

Alex Cesar Lima Sauer¹, Wallace Alves Barroso¹, Uagner Ferreira dos Santos¹, Max Junior Lima Portela¹, Anildo Ferreira Machado¹, Bruno Felipe Camera² & Gustavo Rodrigues Canale^{3*}

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso - Campus Tangará da Serra
– Laboratório de Zoologia, Tangará da Serra – MT

² Universidade do Estado de Mato Grosso - Campus Tangará da Serra – LAEC, Tangará da Serra – MT

³ Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Sinop – ICNHS/ NEBAM, Sinop - MT

*Contato: grcanale@gmail.com

Resumo

O sagui-do-rabo-preto (*Mico melanurus*) habita matas do Cerrado e áreas ecotonais com Amazônia e Pantanal, e tal diversidade de ecossistemas que ocupa, permite estudos de flexibilidade comportamental. Visando observar a influência de variações sazonais sobre o comportamento de um grupo de 21 indivíduos, iniciamos as observações de comportamento em um fragmento de mata mesofítica no Bosque Municipal de Tangará-da-Serra – MT. As frequências dos comportamentos entre as estações (seca/chuva) foram comparadas pelo teste de Wilcoxon. Houve maior frequência de forrageio manual no período chuvoso ($W = 43$, $p = 0.02$, $N = 14$ meses), principalmente associado a manipulação da serrapilheira e captura de invertebrados. Ademais, marcação química genital foi mais frequente na estação seca ($W = 7$, $p = 0.03$, $N = 14$ meses), este aumento, entretanto, não parece estar associado a ingestão de goma, pois

apenas 36% dos registros de uso de goma ocorreram nesta estação. O período fértil das fêmeas pode ter contribuído para o aumento do comportamento de marcação química associada a marcação de território e sinalização de hierarquia por parte de machos e fêmeas. Concluimos que apesar do aprovisionamento de alimento feito por membros do Bosque, este grupo de saguis mantém padrão sexual típico do gênero e suplementa a dieta com proteína animal por meio da captura de invertebrados.

Abstract

The black-tailed marmoset (*Mico melanurus*) lives in forested areas of Cerrado and econtonal regions between the Amazon and the Pantanal, and such a diversity of ecosystems, allows us to conduct behavioural flexibility studies. In order to observe the influence of seasonality on the behaviour of a group of 21 individuals, we conducted behavioural observations in a fragment of mesophytic forest in the Bosque Municipal de Tangará da Serra, Mato Grosso, Brazil. Behavioural frequencies were compared between seasons by performing Wilcoxon test. Manipulative behaviour was more frequent in the rainy season ($W = 43$, $p = 0.02$, $N = 14$ months), mainly related to searching in the litter for invertebrates. Moreover, genital scent-marking was more frequent in the dry season ($W = 7$, $p = 0.03$, $N = 14$ months). The increase, however, does not seem to be related to feeding on gum, because only 36% of gummivory records occurred in this season. The fertile period of the females might have contributed to the increase in scent-marking associated to territorial defense and hierarchy signalisation by males and females. We conclude that, despite food offering by Bosque's staff, this marmoset group retains its typical sexual behaviour and captures invertebrates to supplement their diet.

Introdução

Os primatas que ocorrem na região Neotropical tem hábitos predominantemente arborícola estando fortemente ligados aos ambientes florestados, e com isso são fortemente impactados pela crescente demanda econômica que ocasiona a fragmentação dos ambientes naturais (Blomquist et al., 2009; Arroyo-Rodrigues

e Dias, 2010). A família Callithrichidae apresenta uma dieta variada, que inclui tanto recursos de origem vegetal (como frutas, exudados, sementes e flores) quanto de origem animal (como invertebrados, pequenos vertebrados e ovos de aves) (Peres 2004, Miranda & Faria 2001). Tamanho da área, sazonalidade, distribuição e disponibilidade dos recursos são fatores que influenciam o padrão comportamental destes animais (Passani 1998). O sagui-do-rabo-preto (*Mico melanurus*) habita matas do Cerrado e áreas ecotonais com Amazônia e Pantanal, ocorrendo do centro-oeste brasileiro à Bolívia e ao Paraguai (Hershkovitz, 1977, Stallings, 1985). A diversidade de ecossistemas que habita permite estudos de flexibilidade comportamental frente a variações ambientais e sazonais.

Apesar de ser a espécie do gênero *Mico* com a distribuição geográfica mais ampla (Rylands 2001), permanece como um dos calitriquídeos menos estudados. Dados sobre sua história natural são de suma importância porque fornecem a base para o entendimento dos padrões comportamentais e ecológicos, além de possibilitar a comparação entre populações sob diferentes condições ambientais e a aplicação de planos de conservação (Del-Claro & Torezan-Silingardi 2009). Deste modo buscamos caracterizar o padrão de atividade da espécie e verificar se acontece mudança sazonal na atividade do mesmo em um fragmento florestal urbano com aprovisionamento de alimento (Zago *et al*, 2013).

Métodos

Área de estudo

A área da pesquisa se apresenta inserida em um ambiente urbano, em um fragmento de mata mesofítica (11,5 ha) no Bosque Municipal de Tangará da Serra (14°18' S, 57° 45' O), Mato Grosso, Brasil. O clima é classificado como Aw com duas estações bem definidas, segundo Köppen-Geiger. O período de chuva compreende os meses de outubro a março. A precipitação média anual é de 1.500 - 1.800mm e as temperaturas são entre 24°C a 26°C em média anual.

Grupo de estudo

O grupo de sagui-do-rabo-preto era formado por 21 indivíduos (9 machos, 8 fêmeas, 4 filhotes). A presença de humanos visitando o local é permitida

durante toda a semana entre 7:30h e 17:30h. Outros animais presentes incluem: cutia (*Dasyprocta azarae*), capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), bem como, um indivíduo solitário de macaco-prego (*Sapajus* sp.) e um bugio (*Alouatta caraya*), ambos possivelmente soltos por moradores locais. A coordenação do parque fornece alimento aos animais (frutas e verduras) a cada dois dias durante toda a semana.

Observações comportamentais

Visando observar a influência de variações sazonais sobre o comportamento destes animais, iniciamos as observações de comportamento por varredura em novembro de 2011 a dezembro de 2012 com registro instantâneo a cada 10 minutos (Altmann 1974). Os comportamentos foram definidos previamente (Tabela 1) e registrados em planilhas, marcando o horário da observação, a altura do animal no estrato da vegetação e os itens consumidos durante a alimentação.

Tabela 1. Etograma com comportamentos observados para um grupo de *Mico melanurus* no Bosque Municipal de Tangará da Serra – MT

Comportamento	Definição
Forrageio visual	Vasculhar com os olhos o ambiente em busca de alimento
Movimentar	Mover-se de um ponto a outro no ambiente
Forrageio manual	Manipular substrato ou alimento com as mãos
Catação*	Usar boca ou mãos sobre o próprio pêlo (auto-) ou de outro indivíduo (alo-) retirando restos de alimento ou ectoparasitas
Comer	Mastigar ou engolir alimento
Escarificar	Remover partes do tronco ou galho de árvores com os dentes
Parado	Permanecer imóvel por mais de cinco segundos
Marcação esternal	Esfregar a região peitoral sobre substrato
Marcação genital	Esfregar a região genital sobre substrato

* Auto e alo-catação foram agrupadas devido a baixa frequência de auto-catações

Análises estatísticas

As frequências dos comportamentos entre as estações (seca/chuva) foram comparadas pelo teste de Wilcoxon signed test para dados pareados.

Resultados

Durante 74 dias de coleta de dados (53 dias completos e 21 dias incompletos) foram acumulados 7,771 varreduras. Identificamos nove comportamentos em *M. melanurus*, sendo forrageio visual e manual, e movimentar-se os mais frequentes somando mais de 50% dos registros (Tabela 2).

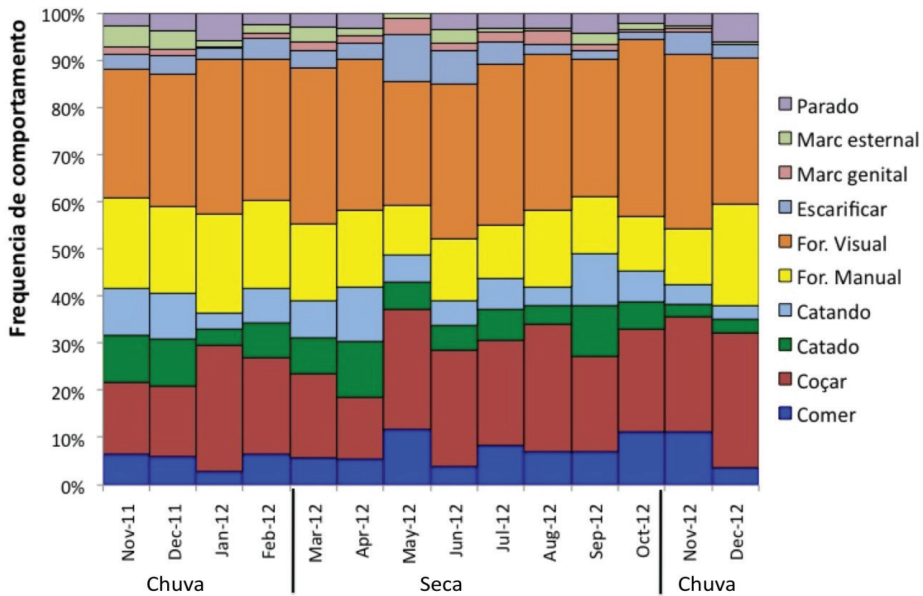
Tabela 2. Frequência de comportamentos observados para um grupo de saguis-do-rabo-preto no Bosque Municipal de Tangará da Serra, Mato Grosso.

Comportamento	Frequência (%)
Forrageio visual	31.7
Movimentar	21.4
Forrageio manual	15.9
Catção	13.7
Comer	6.6
Escarificar	3.9
Parado	3.3
Marcação esternal	2.1
Marcação genital	1.4

O comportamento de forrageio visual foi o mais frequente em todo o decorrer do estudo e não apresentou sazonalidade. Enquanto o comportamento de forrageio manual foi mais frequente no período chuvoso ($W = 43$, $p = 0.02$, $N = 14$ meses) (Figura 1), quando aconteceram 63% de capturas de invertebrados (Tabela 2). Houve maior frequência de marcação química genital na estação seca ($W = 7$, $p = 0.03$, $N = 14$ meses) (Figura 1). Este aumento, entretanto, não parece estar associado a ingestão de goma, pois apenas 35.7% dos registros de uso de goma ocorreram nesta estação (Tabela 3).

Tabela 3. Frequência de itens alimentares na dieta de *M. melanurus* em duas estações (seca e chuva).

Item alimentar	Frequência (%)		Número total de eventos
	Seca	Chuva	
Alimento provisionado	44.2	55.8	43
Fruta nativa	36.3	63.7	11
Exsudatos	64.3	35.7	14
Invertebrado	63.1	36.9	103
Semente	52.6	47.4	19

**Figura 1.** Frequência de comportamentos observados no Bosque Municipal de Tangará da Serra (MT) para um grupo de *M. melanurus*

Os micos passaram a maior parte do tempo forrageando no chão da mata a procura de invertebrados. Este comportamento reflete no uso vertical do espaço, mais frequente abaixo de 10 m (Tabela 4), e na alta frequência de invertebrados em sua dieta (Tabela 3).

Tabela 4. Uso vertical da mata por um grupo de *M. melanurus* no Bosque Municipal de Tangará da Serra, Mato Grosso.

Altura do estrato arbóreo (m)	Frequência (%)
0 – 5	38.0
6 – 10	39.4
11 – 15	14.1
16 – 30	8.5

Discussão

Apesar de ser um dos calitriquídeos com maior distribuição geográfica, ao que sabemos, artigos sobre autoecologia de *Mico melanurus* são inexistentes. Para que possamos compreender os efeitos da fragmentação das florestas sobre as populações remanescentes de saguis-do-rabo-preto ocupando diferentes biomas, bem como entender seu papel ecológico nas comunidades remanescentes, estudos de autoecologia se fazem necessários. Assim, apresentamos dados sobre efeitos da sazonalidade sobre o comportamento de um grupo de saguis-do-rabo-preto que podem contribuir para o conhecimento sobre a espécie em fragmentos urbanos.

De nove comportamentos registrados, apenas os comportamentos manipular e marcação química genital (quando o animal esfrega a região genital contra um substrato) diferiram entre as estações. O comportamento de manipular foi mais frequente durante a estação chuvosa, e esteve bastante relacionado a captura de invertebrados na serrapilheira. O período fértil das fêmeas (durante a estação seca) pode ter contribuído para o aumento do comportamento de marcação química, pois esta é associada a marcação de território e sinalização de hierarquia por parte de machos e fêmeas (Epple et al., 1993; Stevenson and Rylands, 1998). O tamanho grande do grupo estudado, comparado a outros calitriquídeos (Digby et al., 2006; Raboy et al., 2008), e a presença de filhotes indicam a boa capacidade de adaptação desta espécie de *Mico* a ambientes urbanos, como observado para *Callithrix jacchus* (Pontes e Soares, 2005; Cunha et al., 2006). Isto pode estar associado a disponibilidade de frutas oferecidas e invertebrados que naturalmente ocorrem no ambiente.

A sazonalidade do período reprodutivo de primatas neotropicais está fortemente relacionada a dias com foto-períodos mais longos e a época do ano com maior disponibilidade de recursos alimentares (Di Bitetti e Jason, 2000). Apesar de alguns autores afirmarem que pequenos primatas neotropicais demonstram período reprodutivo bimodal com sazonalidade pouco marcada (Di Bitetti e Jason, 2000; *C. jacchus*: Digby et al, 2006), tem sido registrada a sazonalidade do período reprodutivo para outras espécies de calitriquídeos (*C. aurita*: Coutinho e Correa, 1995; *C. kuhlii*: Raboy et al, 2008)

Os saguis costumam ocupar baixos estratos nas florestas (Fleagle, 2013) o que poderia ser associado ao refúgio de predadores como aves de rapina, entretanto os deixariam mais expostos a predadores do solo. Mais ainda, a alta frequência do uso dos estratos arbóreos inferiores a 10 m, que somam 77.4% dos registros do grupo de *M. melanurus*, também parece refletir a procura visual por presas e manipulação do folhíço, como observado em *Callithrix flaviceps* (Guimarães, 1998).

O comportamento de forrageio costuma ser o mais frequente em diversas espécies de calitriquídeos (Cavalcanti 2002) como *Callithrix penicillata* (Vilella e Farias, 2004) e *C. jacchus* (Cavalcanti, 2002; Martins, 2007), e responde a distância da fonte dos recursos (Passos, 1997) e mudanças sazonais na disponibilidade dos recursos (Ferrari e Lopes Ferrari 1989). É frequente que calitriquídeos utilizem frutas como um dos principais recursos de sua dieta (Vilella e Farias 2004), entretanto *M. melanurus* faz grande consumo de invertebrados. Frente a alta necessidade energética das pequenas espécies de primatas, diversas espécies, como *Saguinus fuscicollis*, *Saguinus labiatus* (Porter 2001), buscam recursos de origem animal para suplementar a dieta durante períodos de escassez de frutos. Também não é incomum que recurso de origem animal seja a base da dieta de pequenos macacos, como observado em *Callimico goeldii* (Porter, 2001) e *Saimiri sciureus* (Stone, 2007).

É comum que saguis comam exsudatos de árvores (Martins 2007), pois este é um recurso que pode ser utilizado o ano todo sem muita sazonalidade em sua oferta. O bosque apresenta poucas espécies de cerrado que foram utilizadas por *M. melanurus* para escarificar e obter exsudatos, concentrando-se

principalmente em *Mogonia pubescens* e *Terminalia brasiliensis* (Passamani, 1998). Mesmo com o aprovisionamento de frutas e verduras, realizado pela coordenação do Bosque Municipal, a gomivoria esteve presente na dieta dos saguis-de-rabo-preto, e devendo-se a importância de modo a suplementar a dieta com recursos ricos em carboidratos e polissacarídeos (Coimbra-Filho e Mittermeier 1977).

Concluimos que apesar do aprovisionamento de alimento, e mesmo sua população estando em um fragmento de mata em meio urbano com interferências pelo ser humano, este grupo de saguis mantém padrão de forrageio típico do gênero e se alimenta com frequência de invertebrados. A alta frequência de predação de invertebrados na dieta sugere um importante papel destes primatas no controle de populações de suas presas, que podem muitas vezes se configurar em pragas para a população humana.

Referências

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49, 227–267.
- Arroyo-Rodriguez, V. & P.A. Dias 2010. Effects of habitat fragmentation and disturbance on howler monkeys: a review. *American Journal of Primatology*, 72:1-16.
- Blomquist, G.E., M.M. Kowalewski & S.R. Leigh 2009. Demographic and morphological perspectives on life history evolution and conservation of New World monkey. In: Garber, P.A., A. Estrada, J.C. Bicca-Marques, E.W. Heymann & K.B. Strier (eds.). *South American Primates: Comparative Perspectives in the Study of Behavior, Ecology and Conservation*. Springer, New York: 117-138.
- Cavalcanti, K.C.S. 2002. Comportamento alimentar de *Callithrix jacchus* (Callitrichidae: Primates) em mata secundária e ambiente alterado. Dissertação de mestrado. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 48p.
- Coimbra-Filho, A.F & Mittermeier, R.A. 1977. Exudate eating and tree gouging in Marmosets. *Nature*, 262:260.
- Cunha, A.A., Vieira, M.V., & Grelle, C.E. 2006. Preliminary observations on habitat, support use and diet in two non-native primates in an urban Atlantic forest fragment: The capuchin monkey (*Cebus* sp.) and the common marmoset (*Callithrix jacchus*) in the Tijuca forest, Rio de Janeiro. *Urban Ecosystems*, 9(4): 351-359.

- Del-Claro, K. & Torezan-Silingardi, H.M. 2009. Insect-plant interactions: new pathways to a better comprehension of ecological communities in neotropical savannas. *Neotropical Entomology*, 38:159-164.
- Digby, L.J., Ferrari, S.F. & Saltzman, W. 2006. The role of competition in cooperatively breeding species. *Primates in perspective. Oxford University Press, New York*, 85-106.
- Eppler, G., Belcher, A.M., Kuederling, I., Zeller, U., Scolnick, L., Greenfield, K.L. & A.B. Smith III, 1993. Making sense out of scents: species differences in scent glands, scent-marking behaviour, and scent-mark composition in the Callitrichidae pp.123-151. In: *Marmosets and Tamarins: Systematics, Behaviour, and Ecology* (A.B. Rylands, Ed.) Oxford University Press, Oxford.
- Easton, R.L. 1978. Why some felids copulate so much: a model for the evolution of copulation frequency. *Carnivore*, 1:42-51.
- Fleagle, J.G. 2013. *Primate adaptation and evolution*. 3rd ed. Elsevier Academic Press, New York.
- Guimarães, A. 1998. Ecologia, comportamento reprodutivo e marcação de cheiro em um grupo de *Callithrix flaviceps* (Callitrichidae, Primates), na Estação Biológica de Caratinga, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Hershkovitz, P. 1977. *Living. New World Monkeys (Platyrrhini)*. Volume 1. University of Chicago Press, Chicago.
- Miranda, G.H.B. & Faria, D.S. 2001. Ecological aspects of Black –Pincelled Marmoset (*Callithrix penicillata*) in the Cerradão and Dense Cerrado of the Brazilian Central Plateau. *Brazilian Journal of Biology*, 61:397-404.
- Martins, I.G. 2007. Padrão de atividade do sagui *Callithrix jacchus* numa área de Caatinga. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- Passamani, M. 1998. Activity budget of Geoffroy's Marmoset (*Callithrix geoffroyi*) in an Atlantic Forest in Southeast Brazil. *Am J Primatology*, 46:333-340.
- Passos, F.C. 1997. Padrão de atividade, dieta e uso do espaço em um grupo de mico-leão preto (*Leontopithecus rosalia*) na Estação Ecológica dos Caetetus-SP. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos-SP.
- Peres, C.A. 1994. Diet and feeding ecology of gray wooly monkeys (*Lagothrix lagothricha cana*) in Central Amazonia: Comparisons with other atelines. *International Journal of Primatology*, 15:333-372.
- Pontes, A.R.M., & Soares, M.L. 2005. Sleeping sites of common marmosets (*Callithrix jacchus*) in defaunated urban forest fragments: a strategy to maximize food intake. *Journal of Zoology*, 266(1): 55-63.

- Porter L.M. 2001. Dietary differences among sympatric Callitrichinae in northern Bolivia: *Callimico goeldii*, *Saguinus fuscicollis* and *S. labiatus*. *International Journal of Primatology*, 22:961-992.
- Rylands, A.B. 2001. The Systematics and Distributions of the Marmosets (*Callithrix*, *Callibella*, *Cebuella*, and *Mico*) and *Callimico* (*Callimico*) (*Callitrichidae*, *Primates*). Chapter 2. IN: S.M. Ford et al. (eds.), *The Smallest Anthropoids, Developments in Primatology: Progress and Prospects*. pp. 25-61.
- Stallings, J.R. 1985. Distribution and status of primates in Paraguay. *Primate Conservation*, 6:51-58.
- Stevenson, M.F. & Rylands, A.B. 1988. The marmosets, genus *Callithrix* pp.131-222. In: *Ecology and Behavior of Neotropical Primates, Volume 2* (R.A. Mittermeier, A.B. Rylands, A.F. Coimbra-Filho & G.A.B. Fonseca, Eds.) *World Wildlife Fund-US*, Washington DC.
- Stone, A.I. 2007. Responses of squirrel monkeys to seasonal changes in food availability in an eastern amazonian forest. *American Journal of Primatology*, 69:142–157.
- Sgai, M.G.F.G., Pizzutto, C.S. Viau, P., Oliveira, C.A. & Guimarães, M.A.B.V. 2015. Estudo endócrino reprodutivo e do comportamento sócio-sexual de sagüi-de-tufo-preto (*Callithrix penicillata*) mantido em cativeiro. *Pesquisa veterinária Brasileira*, 3:304-310.
- Zago, L., Miranda, J.M., Daltrini Neto, C., Santos, C.V. & Passos, F.C. 2013. Dieta de *Callithrix penicillata* (E. Geoffroy, 1812) (*Primates*, *Callitrichidae*) introduzidos na ilha de Santa Catarina. *Biotemas*, 2:227-235.

CAPÍTULO 17

A coprological study of free-ranging titis (*Callicebus coimbrai*)

Sirley A.A. Baião^{1*}, Fernanda B.A. Correia¹, S.F. Ferrari²

¹Graduate Program in Development and Environment (PRODEMA), Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon s/n, Rosa Elze, São Cristóvão – SE, Brazil;

²Department of Ecology, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, Brazil.

*Author for correspondence: enlluarada@hotmail.com

Abstract

As part of a study of seed dispersal in titi monkeys, *Callicebus coimbrai*, fecal samples were collected at two sites in the Brazilian state of Sergipe, the Fazenda Trapsa (11°12'S, 37°14'W) and the Mata do Junco State Wildlife Refuge (10°32'S, 37°03'W), between April and July, 2012. The study groups were monitored continuously on five days per month, and whenever an individual was observed defecating, the event was recorded and a systematic effort was made to locate and collect samples of the feces. The study aimed to provide data on (i) the viability of the collection of fecal samples in field studies of these small-bodied monkeys, (ii) the potential of fecal samples for dietary analyses, and (iii) defecation patterns in the study species. The samples were triaged in Petri dishes with 70% ethanol for the identification of food items. A total of 422 defecation events were observed over 39 field days, with fecal samples being retrieved from 259 (61.4%) of these events. A peak in events was recorded in both groups between 05:00 and 08:00 h, with a secondary peak being observed in the afternoon. Reliable estimates for both groups indicate that adults and juveniles may defecate up to 5–7 times per day, indicating minimum gut

transit times of 2–4 hours, although the overnight events recorded in the Junco group took $15:44 \pm 01:43$ h ($n = 6$) on average. Seeds were observed in 34.0% of the samples. The proportion of samples with seeds correlated significantly ($r_s = 0.833$, $p = 0.010$, $n = 8$) with the number of visits to fruit feeding trees each month. Diurnal gut transit times were absolutely longer (03:51–07:50 h) in the more folivorous Trapsa group, in comparison with the more frugivorous Junco group (01:51–03:31 h), indicating the effect of diet on transit times and dispersal potential. In addition to confirming the viability of sample collection for these small-bodied monkeys, the study found considerable variation in the number of events recorded on a given day, as well as systematic patterns, such as a peak in frequency during the first few hours of the day, and contrasts between sites apparently related to differences in the composition of the diet.

Key words: fecal samples; titi; gut transit times; seed dispersal; Atlantic Forest

ESTUDO COPROLÓGICO EM GUIGÓS (*CALLICEBUS COIMBRAI*) SILVESTRES

Resumo

Como parte de um estudo de dispersão de sementes em guigós, *Callicebus coimbrai*, amostras de fezes foram coletadas em dois sítios de Sergipe, a Fazenda Trapsa (11°12'S, 37°14'W) e o Refúgio Silvestre Mata do Junco (10°32'S, 37°03'W), entre abril e julho de 2012. Cada grupo foi monitorado durante cinco dias por mês, e cada vez que algum indivíduo foi observado defecando, o evento foi registrado e houve um esforço sistemático para a localização das fezes e a coleta de uma amostra. As amostras foram triadas em placas de Petri com etanol 70% para a identificação do conteúdo. Um total de 422 eventos de defecação foi observado ao longo de 39 dias de campo, sendo amostras de fezes coletadas para 259 (61,4%) destes eventos. Um pico de ocorrência foi registrado entre 05:00 h e 08:00 h, com um pico secundário sendo observado à tarde. Estimativas confiáveis para ambos os grupos indicam que adultos e juvenis defecam até 5–7 vezes por dia, indicando um tempo mínimo de passagem intestinal de 2–4 horas, embora eventos noturnos registrados no grupo Junco duraram $15:44 \pm 01:43$ h ($n = 6$) em média. Sementes foram observadas em 34,0% das amostras. A proporção de amostras com sementes correlacionou significativamente ($r_s = 0,833$, $p = 0,010$,

$n = 8$) com o número de visitas a árvores de alimentação de fruto ao longo do mês. Tempos de passagem intestinal diurnos foram absolutamente mais longos (03:51–07:50 h) no grupo Trapsa, mais folívoro, em comparação com o grupo Junco (01:51–03:31 h), mais frugívoro, indicando o efeito de dieta sobre o tempo de trânsito e o potencial de dispersão. Além de confirmar a viabilidade da coleção de amostras nestes primatas de pequeno porte, o estudo confirmou a variação considerável no número de eventos registrado em dado dia, além de padrões sistemáticos, como um pico na frequência de eventos durante as primeiras horas do dia, e contrastes entre sítios, relacionados a diferenças na composição da dieta.

Palavras-chave: amostra fecal; guigó; tempo de trânsito intestinal; dispersão de sementes; Mata Atlântica

Introduction

Fecal samples can provide a wealth of information on the characteristics of free-ranging primates, including specific components of their diets (Pickett *et al.*, 2012), their potential for seed dispersal (Garber, 1986; Feer, 1999; Russo & Chapman, 2011), parasite load (Martins *et al.*, 2008), and genetic constitution (Chaves *et al.*, 2006), as well as other ecological relationships (e.g., Estrada *et al.*, 1993; Castellanos *et al.*, 1999). The data derived from these samples can provide important insights into the ecology of a species or population, in many cases, as a complement to the collection of other data, typically based on the behavioral monitoring of study subjects (Campbell *et al.*, 2011).

Howlers (*Alouatta* spp.), among the largest of the platyrrhine primates (adult body weights 5–10 kg), are well-known for their production of copious amounts of feces, often at specific sites known as latrines, from which samples can be retrieved with ease (Estrada *et al.*, 1993, Feer, 1999). Latrines have also been observed in spider monkeys, *Ateles geoffroyi* (González-Zamora *et al.*, 2012). However, most other platyrrhines typically produce feces in the form of small pellets less than 3 cm in length, which can be difficult to locate and retrieve in the vegetation or leaf litter. In the smallest platyrrhines, such as the callitrichines and titis (*Callicebus* spp.), pellet sizes are even smaller, and thus more difficult to locate, although defecation rates may be relatively more frequent (Garber, 1986; Oliveira & Ferrari, 2000).

Given these considerations, the present study aimed to evaluate the viability of coprological studies in the endangered (Veiga *et al.*, 2008) Coimbra-Filho's titi monkeys (*Callicebus coimbrai*), providing data on (i) the viability of the collection of fecal samples during field studies of these small-bodied monkeys, (ii) the potential of fecal samples for dietary analyses, and (iii) defecation patterns in the study species. The study showed that systematic monitoring of the monkeys can provide useful complementary data for studies in feeding ecology and seed dispersal.

Methods

Study sites and groups

Two free-ranging groups of *Callicebus coimbrai* were monitored over a four-month period in the Atlantic Forest of the northeastern Brazilian state of Sergipe. One was resident at the Fazenda Trapsa (11°12' S, 37°14' W), a private property in the municipality of Itaporanga D'Ajuda. The second group occupied the northernmost extreme of the Mata do Junco State Wildlife Refuge (10°32' S, 37°03' W) in the municipality of Capela. Both groups occupied home ranges of just over 10 hectares and had been habituated to the presence of human observers during previous studies at each site (Souza-Alves *et al.*, 2011a; Santana, 2012), and could be approached to within a few meters, enabling detailed behavioral observations. Monitoring at both sites was facilitated by a 50 m x 50 m trail grid.

The Trapsa study group was composed of five individuals (two adult males, one adult female, one subadult female, and one juvenile male) at the beginning of the study period (April, 2012), although the adult female had disappeared by the final month (July, 2012). The Junco group was composed of the same six individuals (an adult breeding pair, one subadult, two juveniles, and an infant) throughout the study period.

Data collection

Each study group was monitored on five days per month (except for one day in May at Mata do Junco when fecal samples were not collected) between April and July, 2012. During each day, the study group was followed continuously throughout the activity period (sleep-tree to sleep-tree) for the collection

of feeding and ranging data, including feeding-tree focal samples, during which all trees and lianas where group members were observed feeding on fruit were marked, and the date and time of the visit were recorded, together with the geographic coordinates of the location, using a Garmin GPSmap 60CSx hand-held GPS (see Baião, 2013).

Simultaneously, the study subjects were monitored systematically in order to record defecation events. In addition to the general monitoring of the study group, two main approaches were used to detect events – (i) monitoring of animals that have stopped moving and assumed a typical arch-bodied posture normally seen prior to defecation, and (ii) when feces were seen falling from the canopy.

For each observed event, the day, time, and subject were recorded, and the coordinates of the location were registered by GPS. In each case, an effort was made to follow the trajectory of the feces to its final resting place (usually the forest floor, but occasionally within the vegetation) for the collection of a sample. When the position of the fecal material was not known precisely, a systematic search of the most probable location was conducted by the observer with the help of a field assistant, up to a maximum duration of 5 minutes. When located, the feces were collected in standard 50 ml plastic collecting pots, which were marked with the relevant data, and kept under refrigeration until analysis in the laboratory.

For the present study, the analysis of the fecal samples consisted of a macroscopic examination of the material for the identification of seeds and other items, including plant parts (leaves, buds, woody parts), the remains of animal prey, and endoparasites. For this, the samples were triaged in Petri dishes with 70% ethanol, for the separation of recognizable items using a syringe and stainless steel tweezers. When necessary, the samples were examined under a Zeiss stereoscopic microscope for the visualization of specific items, primarily seeds.

Data analysis

The data were tabulated by observation day and subject in Excel 2010 for the calculation of basic parameters, including the total number of events recorded and samples collected, the mean defecation rate per day (number of

events/number of days) and per hour, and individual parameters (number of events per day). The proportion of samples containing seeds during each month was also estimated, and the results for the two study sites were compared for the evaluation of possible variations in defecation patterns related to the between-site differences in feeding behavior. Minimum gut transit times were estimated by comparing seeds found in the feces with the most recent visit to a feeding tree of the same species.

Diurnal variation in defecation rates was evaluated by calculating the total number of events recorded during each hour of the day on observation days considered to be complete, that is, when the subjects were monitored continuously throughout the daylight period, or when at least one event was recorded for each subject. Deviations in the frequency of defecation during the course of the day were analyzed using χ^2 . In order to verify the efficacy of the fecal samples as a means of investigating the composition of the diet, the proportion of fecal samples containing seeds during a given month was compared with the number of visits to fruit feeding trees during the month using Spearman's non-parametric correlation coefficient. All statistical tests were run in BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2005), considering an $\alpha = 0.05$ significance level.

Results

General patterns

Titis at both sites typically produced feces in the form of elongated, dry or slightly humid pellets – normally one to three per defecation event – of between one and two centimeters in length. On seven occasions, the feces were liquefied, proscribing the collection of a sample. Given their small size and coloration (typically brown, sometimes green- or yellow-hued), the pellets were often difficult or impossible to locate in the leaf litter of the forest floor (Figure 1), in particular because, on many occasions, the pellets would end up underneath a layer of dead leaves, making them almost impossible to visualize, even when an attempt was made to remove the overlying debris.

On the other hand, during approximately ten percent of searches, scarabaeid beetles of the genus *Canthidium* (*Eucanthidium*) appeared almost immediately



Figure 1. Fecal pellet produced by a member of the Junco group, June, 2012 (Photograph: S.A.A. Baião).

in the vicinity of the feces, providing important clues for the localization of the samples. In some cases, however, rather than aiding in the localization of the feces, the beetles were observed removing the fecal material, and it is possible that this behavior may have hampered the retrieval of samples in some cases, given the rapidity with which the insects were able to remove the feces once on the ground.

A total of 422 defecation events were observed during the course of the study period, of which, 178 were recorded for the *Trapsa* group, and 244 for the *Junco* group, a difference roughly consistent with that in group sizes (Table 1), although other factors, such as observation conditions and diet may also have had a systematic influence on the number of events occurring during any given period. There was considerable variation in the number of events recorded each month, in fact, and in the first month of monitoring, more events were observed in the

Trapsa group than in the Junco group. As it can be safely assumed that not all the events were observed during any given period, it remains unclear to what extent this variation reflects either real differences in the frequency of the behavior or sampling effects. The considerable variation in the number of events recorded on any given day (see below) nevertheless indicates that the frequency with which an individual defecated fluctuated considerably among days.

Table 1. Defecation events observed and fecal samples collected during the monitoring of the two *C. coimbrai* study groups in eastern Sergipe, Brazil, in 2012. Five days of monitoring were conducted in all months except May at RVS Mata do Junco.

Month	Number of defecation events observed/number of fecal samples collected (% of the events sampled) at:	
	Fazenda Trapsa	RVS Mata do Junco
April	49/38 (77.6%)	23/12 (52.2%)
May	33/15 (45.5%)	44/28 (63.6%) ¹
June	62/30 (48.4%)	97/54 (55.7%)
July	34/30 (88.2%)	80/52 (65.0%)
Total	178/113 (63.5%)	244/146 (59.8%)

¹n = 4 days.

Despite other differences between study sites, the proportion of events for which fecal samples were collected was very similar overall, with just under two-thirds of events being sampled at each site. However, while the sampling rate was relatively consistent among months for the Junco group, it varied considerably in the case of the Trapsa group, almost doubling, from 45.5% in May to 88.2% in July. Once again, however, it remains unclear exactly what factors may have determined the observed differences between sites and among months.

Diurnal and individual variation

The number of events observed on any given day varied considerably, ranging from four to as many as 23 in the Trapsa group and 30 events in the Junco

group. As mentioned above, it is unclear to what extent this variation is related to real differences in the frequency of the behavior or to sampling effects, but the highest values recorded at each site indicate a mean of 5–6 events per individual per day, in other words, that the subjects defecated, on average, every 2–3 hours during the course of the day.

However, considerable variation was found in the frequency of events over the course of the day (Figure 2). In both groups, there was a clear peak at the beginning of the day, with a smaller peak being observed at around midday (Trapsa) or the late afternoon (Junco). There were significant deviations in the frequency of events during the course of the day, in both the Junco ($\chi^2 = 24.747$, d.f. = 9, $p = 0.0065$) and Trapsa ($\chi^2 = 22.604$, d.f. = 9, $p = 0.0143$) groups.

The early morning peak appears to reflect the overnight accumulation of fecal matter in the rectum, derived from feeding events observed at the end of the preceding afternoon. Assuming that the animals neither fed nor defecated during the nighttime roost – which seems reasonable based on observations of the use of sleeping sites (Souza-Alves *et al.*, 2011b; pers. obs.) – material

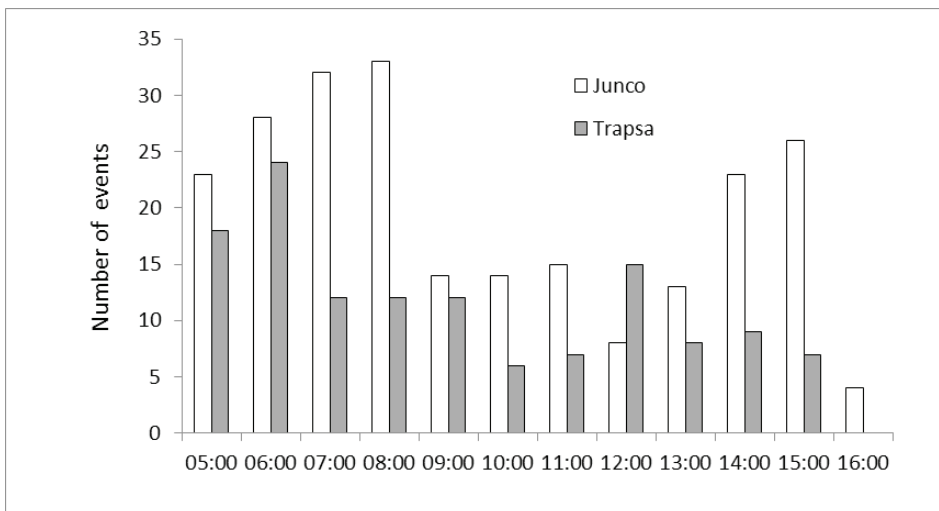


Figure 2. Number of defecation events observed in the two *C. coimbrai* study groups during each hour of the diurnal activity period. Only days considered to be complete samples (continuous monitoring) are included here, with $n = 12$ days for the Trapsa group, and $n = 14$ for the Junco group.

ingested at the end of the afternoon would take at least 13 hours (see Ferrari *et al.*, 2012) to pass through the digestive tract. In fact, in six events in the Junco group traced through seeds found in the fecal samples, mean overnight gut transit time was $15:44 \pm 01:43$ h ($n = 6$), in contrast with a maximum of 03:31 h for daytime events ($n = 13$).

Given the small size of the group and the marked differences in body size, specific features, and the behavior of its members, it was possible to identify the subject in 87.0% of the events observed in the Trapsa group. This rate fell to 70% in the larger Junco group, however, and in many of these cases, it was only possible to identify the age class of the subject. Despite these limitations, it was possible to confirm individual rates of up to seven events per day, including the adult male of the Trapsa group (7 events in one day), the adult male of the Junco group ($n = 6$), and the infant of the Junco group ($n = 5$). These values are roughly consistent with the highest number of events recorded for the group as a whole. More recent observations of the Junco group (unpublished data) have confirmed that members may defecate more than ten times over the course of a given day, that is, approximately one event per hour.

Effects of diet

The titis at both sites have a predominantly frugivorous-folivorous diet, complemented by items such as flowers, seeds, and insects (Souza-Alves *et al.*, 2011a; Souza-Alves, 2013), although recognizable plant parts, other than seeds, were rarely observed and no animal material (except for endoparasites) was found in any sample, even under the microscope. However, the Junco is considerably more frugivorous, overall, than the Trapsa group, as indicated by the number of feeding trees visited each at the respective sites (Table 2). In addition to a considerably larger number of visits during each month of the study period, the Junco group also used a larger number of feeding trees (99 *vs.* 20) during the study period, as well as a larger number of plant species (≥ 18 *vs.* 14), and consuming twice as many fruits per visit, on average (20.1 ± 23.3 *vs.* 10.0 ± 11.9).

Table 2. Number of visits to fruit feeding trees recorded during the monitoring of the two *C. coimbrai* study groups in eastern Sergipe, Brazil, in 2012. Five days of monitoring were conducted in all months at both sites.

Month	Number of fruit feeding trees (mean \pm SD per observation day) visited at:	
	Fazenda Trapsa	RVS Mata do Junco
April	20 (4.0 \pm 1.2)	35 (7.0 \pm 3.1)
May	5 (1.0 \pm 1.7)	78 (15.6 \pm 3.1)
June	16 (3.2 \pm 2.3)	69 (13.8 \pm 5.6)
July	9 (1.8 \pm 2.2)	46 (9.2 \pm 3.6)
Total	58 (2.5\pm2.1)	228 (11.4\pm5.1)

While not all fruit feeding involved the ingestion of intact seeds, this variation in fruit feeding behavior was also reflected systematically in the proportion of fecal samples containing seeds (Table 3). Overall, only a third (34.0%) of the samples contained seeds ($n = 88$), although there was a strong and significant correlation between the proportion of fecal samples containing seeds and the number of visits to fruit feeding trees recorded each month at the two sites ($r_s = 0.833$, $p = 0.010$, $n = 8$).

Table 3. Number of fecal samples containing seeds collected during the monitoring of the two *C. coimbrai* study groups in eastern Sergipe, Brazil, in 2012. Five days of monitoring were conducted in all months except May at RVS Mata do Junco.

Month	Number of fecal samples collected/number of samples containing seeds (% of the samples) at:	
	Fazenda Trapsa	Fazenda Trapsa
April	38/25 (65.8%)	12/4 (33.3%)
May	15/1 (6.7%)	28/20 (71.4%) ¹
June	30/5 (16.7%)	54/24 (44.4%)
July	30/7 (23.3%)	52/22 (42.3%)
Total	113/18 (15.9%)	146/70 (47.9%)

¹n = 4 days.

An additional potential effect of the dietary differences between the two study groups is on gut transit times. Based on the eight events for which it was possible to trace seeds found in the feces back to a specific feeding event, mean transit time recorded in the more folivorous *Trapsa* group was $04:44 \pm 01:21$ hours, and the shortest estimate was 03:51 h (the longest was 07:50 h). In the more frugivorous *Junco* group, mean transit time was $02:51 \pm 00:32$ h ($n = 13$), and the longest estimate was 03:31 h. In other words, the shortest transit time estimated in the *Trapsa* group was longer than the highest value recorded for the *Junco* group.

Discussion

Fecal samples may potentially provide a great deal of complementary data in studies of primate ecology (Estrada *et al.*, 1993; Martins *et al.*, 2008; Russo & Chapman, 2011; González-Zamora *et al.*, 2012; Pickett *et al.*, 2012), although they may often be difficult to collect systematically under field conditions, especially when the primate – and its feces – are small in size, making the fecal pellets difficult to locate in the complex matrix of the leaf litter of the forest floor. In the present study, however, continuous monitoring of the study subjects, and the employment of a systematic search mode resulted in the retrieval of a relatively large number of samples from the observed defecation events, which provided important complementary data on a number of different aspects of the feeding ecology of *C. coimbrai*.

Despite the growing body of data on the ecology of the titis (Bicca-Marques & Heymann, 2013), the present study appears to be the only one of its kind conducted to date on any *Callicebus* species (except for the follow-up study of Correia, 2014). This may be at least partly related to the fact that few ecological studies of any type are available for most of the 30 recognized species (Ferrari *et al.*, 2013), and that, given the potential difficulties of collecting fecal samples, most authors have opted for a more data-intensive approach, i.e., behavioral monitoring. While a large number of fecal samples were collected, overall, in the present study, only 6.6 samples were collected per observation day, on average, that is, little more than one sample per individual per day. Despite this

paucity of data, it was possible to define specific patterns, such as the systematic relationship between fruit feeding and the proportion of fecal samples containing seeds, and differences between sites in gut transit times.

While scarabaeid dung beetles were observed relatively frequently in the vicinity of the feces, they appeared to be lying in wait on the forest floor, and no evidence was found of the fur-clinging behavior observed in *Callicebus cupreus* by Tirado-Herrera *et al.* (2002). Even so, the behavior of the beetles occasionally contributed to the retrieval of the fecal samples from the forest floor.

The results of the present study emphasize the potential of fecal samples for the collection of data on a number of different behavioral and ecological parameters, complementing the findings of behavioral monitoring. While sample size (the number of months) is relatively small, this does indicate that the analysis of fecal samples can provide a relatively reliable measure of the degree of frugivory, which may represent a useful analytical tool under some circumstances. The analysis of items other than seeds was less lucrative, although the fecal samples did confirm the complete lack of animal prey in the subjects' diets, for example, as indicated by the behavioral data (Souza-Alves, 2013).

The data show that the titis defecate multiple times each day, reflecting the rapid gut transit times typical of small-bodied primates, which also delimit their potential as seed dispersers (see Baião *et al.*, 2015). However, there is also considerable variation in defecation rates, related to a series of factors, including the time of day and feeding patterns. In particular, a more frugivorous diet may accelerate gut transit time and thus reduce dispersal distances.

Gut transit times may also be affected by activity rates, which may contribute to the reduction in the frequency of events during the middle of the day when the subjects tend to be less active (Souza-Alves, 2013). Data on captive titis (Cardoso, 2014) indicate that transit times may be even longer in this context, where the animals tend to be less active than in the wild. Further data from the wild covering a more extensive study period and a greater diversity of ecological conditions would be required to confirm – or otherwise – the patterns identified during this study.

Acknowledgments

We are grateful to Sr. Ari Ferreira and the Sergipe State Environment Secretariat (SEMARH-SE) for authorizing fieldwork at Fazenda Trapsa and RVS Mata do Junco, respectively. FAPITEC-SE and CAPES provided graduate stipends to SAAB and FBAC, respectively, and SFF is grateful to CNPq for financial support. We would also like to thank Adriano Rodrigues (“Xinxinho”) and João Pedro Souza-Alves for their assistance in the field, and Daniela Ruiz-Esparza, Paulo Santos, Raone Beltrão-Mendes, Saulo Silvestre, and Thayane Cardoso for their help with different aspects of data processing and analysis. We are also grateful to Anita Stone for her helpful comments on the original manuscript.

References

- Ayres M., Jr. Ayres M., Ayres D. L. & Santos A. S. (2007) *BioEstat 5.0. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e biomédicas*. Sociedade Civil Mamirauá/MCT-CNPq.
- Baião, S. A. A. (2013). *Macaco guigó (Callicebus coimbrai): dispersão de sementes e conhecimento ecológico na Mata Atlântica de Sergipe*. MSc thesis: Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- Baião, S. A. A., Correia F. B. A. & Ferrari S. F. (2015). Dietary differences have contrasting effects on the seed dispersal potential of the titi monkey *Callicebus coimbrai* in north-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 31: 175–181.
- Bicca-Marques J. C. & Heymann E. W. (2013) Ecology and Behaviour of titi monkey (genus *Callicebus*). In: *Evolutionary Biology and Conservation of Titis, Sakis, and Uacaris*. (eds A. A. Barnett, L. M. Veiga, S. F. Ferrari and M. A. Norconk). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 196–207.
- Campbell CJ, Fuentes A, MacKinnon KC, Bearder SK, Stumpf RM (2011). *Primates in Perspective*. 2ed. New York: Oxford University Press.
- Cardoso, T. S. (2014). *Tempo de trânsito intestinal em indivíduos cativos do gênero Callicebus (Thomas, 1903)*. Graduate monograph: Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- Castellanos, M.C. Escobar, S. F and Stevenson P.R. (1999). Dung beetles (Scarabaeidae: Scarabaeinae) attracted to woolly monkey (*Lagothrix lagothricha* Humboldt) dung at Tinigua National Park, Colombia. *Coleopterists Bulletin*. 53: 155–159.

- Chaves PB ; Paes MF ; Mendes SL ; Strier KB ; Louro ID ; Fagundes V (2006). Noninvasive genetic sampling of endangered muriqui (Primates, Atelidae): Efficiency of fecal DNA extraction. *Genetics and Molecular Biology*, 29: 750-754.
- Estrada A ; Halffter G ; Coates-Estrada R ; Meritt DA Jr (1993) Dung beetles attracted to mammalian herbivore (*Alouatta palliata*) and omnivore (*Nasua narica*) dung in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 9: 45–54.
- Feer, F. (1999). Effects of dung beetles (Scarabaeidae) on seeds dispersed by howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in the French Guianan rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 15: 129–142.
- Ferrari, S.F., L.M. Veiga, L.P. Pinto, L.K. Marsh, R.A. Mittermeier & A.B. Rylands. (2013). Family Pitheciidae (titis, sakis, and uacaris). In R.A. Mittermeier, A.B. Rylands & D.E. Wilson (eds.) *Handbook of the Mammals of the World, Volume 3*. Lynx Edicions, Barcelona, p. 432–483.
- Garber, P. A. (1986). The ecology of seed dispersal in two species of callitrichid primates (*Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis*). *American Journal of Primatology*, 10: 155–170.
- González-Zamora, A., V. Arroyo-Rodríguez, K. Oyama, V. Sork, C.A. Chapman & K.E. Stoner (2012). Sleeping sites and latrines of spider monkeys in continuous and fragmented rainforests: implications for seed dispersal and forest regeneration. *PLoS ONE*, 7(10): e46852.
- Martins, S.S., S.F. Ferrari & C.S. Silva, 2008. Gastro-intestinal parasites of free-ranging red-handed howlers (*Alouatta belzebul*) in Eastern Amazonia pp.114-124. In: A Primatologia no Brasil - 9 (S.F. Ferrari & J. Rímoli, Eds.) Aracaju, Sociedade Brasileira de Primatologia, Biologia Geral e Experimental – UFS.
- Oliveira, A. C. M., & Ferrari, S. F. (2000). Seed dispersal by Black-handed tamarins, *Saguinus midas niger* (Callitrichinae, Primates): implications for the regeneration of degraded forest habitats in eastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 16: 709–716.
- Pickett SB, Bergey CM, Di Fiore A. 2012. A metagenomic study of primate insect diet diversity. *American Journal of Primatology*, 74: 622–631.
- Russo, S. S., & Chapman, C. A. (2011). Primate seed dispersal: linking behavioural ecology and forest community structure. In C. J. Campbell, A. Fuentes, K. C. Mackinnon, M. Panger, & S. K. Bearder (Eds.), *Primates in perspective* (pp. 523–534). New York: Oxford University Press.
- Santana, M. M. (2012). *Comportamento, dieta e uso de espaço em um grupo de guigó-de-coimbra* (*Callicebus coimbrai Kobayashi and Langguth, 1999*) no RVS Mata do Junco, Capela-SE. MSc thesis: Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

- Souza-Alves, J. P. (2013). *Ecology and life-history of Coimbra-Filho's titi monkeys (Callicebus coimbrai) in the Brazilian Atlantic Forest*. Doctoral dissertation: Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Souza-Alves, J. P., Fontes, I. P., Chagas, R. R. D., & Ferrari, S. F. (2011a). Seasonal versatility in the feeding ecology of a group of titis (*Callicebus coimbrai*) in the northern Brazilian Atlantic Forest. *American Journal of Primatology*, 73, 1199–1209.
- Souza-Alves, J. P., Fontes, I. P. & Ferrari, S. F. (2011b). Use of sleeping sites by a titi group (*Callicebus coimbrai*) in the Brazilian Atlantic Forest. *Primates*, 52: 155–161.
- Tirado Herrera E.R, K. Vulinec, C. Knogge & E.W. Heymann (2002). Sit and wait at the source of dung: An unusual strategy of dung beetles. *Ecotropica*, 8: 87 *American Journal of Primatology* 88.
- Veiga L. M., M.C. Sousa, L. Jerusalinsky, S.F. Ferrari, M.M. de Oliveira, S.S.D. Santos, M.C.M. Valente & R.C. Printes (2008) *Callicebus coimbrai*. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/details/39954/0> downloaded on April 27, 2014.

CAPÍTULO 18

Padrões de atividades e área de vida de um grupo de *Alouatta clamitans* Cabrera, 1940, (Primates: Atelidae) com quatro machos adultos no município de Indaial – Santa Catarina.

Amanda Miglioli^{1,3}, Amauri Michel Junglos², Eduardo Luiz Pereira¹, Zelinda Maria Braga Hirano¹

¹ Departamento de Ciências Naturais. Universidade Regional de Blumenau. Rua Antônio da Veiga, 140. 89012-900 - Blumenau, SC. ² Serviço de Ecologia e Manejo de Primatas – SEEMP – Centro Nacional de Primatas – CENP/IEC/SVS/MS. BR 316, Km 7, s/n. 67020-000 – Ananindeua, PA.

³ Autora para correspondência: amanda.miglioli@gmail.com

RESUMO

Bugios da espécie *Alouatta clamitans* organizam-se em grupos que apresentam mais fêmeas do que machos e onde os machos apresentam hierarquia entre si. Estudos de comportamento com grupos que apresentam vários machos adultos são raros na literatura. O presente estudo visa determinar o padrão de atividades e a área de vida de um grupo de *A. clamitans* com dez indivíduos sendo destes, quatro machos adultos. O trabalho de campo ocorreu entre os meses de Outubro de 2010 e Fevereiro de 2011. Os registros dos comportamentos foram realizados pelo método de varredura instantânea, com amostragens a cada 20 minutos nas categorias: descanso, alimentação, locomoção e interação social. A determinação da área de vida foi realizada pelo método de esquadrinhamento, sendo anotado o quadrante em que o grupo se encontrava em cada amostragem de comportamento e estes dados sobrepostos em um mapa de gride com quadrantes de 0,25 ha. Obteve-se um esforço de campo de 16 dias completos, que resultaram em 5616 registros individuais. O grupo passou em média 64% do tempo descansando,

17% locomovendo-se, 14% alimentando-se e 3% interagindo socialmente. Tais atividades foram realizadas em 4 hectares. Tais dados corroboram com os da literatura e conclui-se que o grupo multimacho estudado, sendo um dominante e com maior número de indivíduos não possuem padrões de atividades diferentes de grupos de *A. clamitans* com menores formações.

Palavras-chave: Machos adultos, área de uso, padrão de atividade.

ABSTRACT

Howler monkeys from the species *Alouatta clamitans* organized into groups with predominance of females and where males present hierarchy among themselves. Behavior studies with groups that have several adult males are rare in the literature. This study aims determine the activity pattern and the home range size of one group of *A. clamitans* with ten individuals, with four adults males. The fieldwork occurred between October 2010 and February 2011. The behavior's records were obtained by scan sampling method, with intervals every twenty minutes in the following the categories: resting, feeding, locomotion and social interaction. The home range was determined by the quadrats method, being annotated quadrant in where the group was appeared in each sampling, and these data superimposed on a grid map with quadrants of 0.25 ha. The was obtained a field effort of 16 complete days totaling 5616 individual records. The group spent on average 64% of the time resting, 17% walking, 14% feeding and 3% interacting socially. These activities were conducted in 4 ha. The data corroborate with the literature ones and it is possible to gather that the multimale group studied, being one dominant and with a large number of individuals do not have different activity patterns from groups of *A. clamitans* with smaller formations.

Keys-words: Adult males; Home range size; Standard of activities

INTRODUÇÃO

O gênero *Alouatta* (LACÉPÈDE, 1799), com dez espécies ocorrendo no Brasil, é o mais amplamente distribuído dos primatas do novo mundo, ocorrendo desde o México até a Argentina (GREGORIN, 2006). O bugio-ruivo, *Alouatta clamitans* (CABRERA 1940), é endêmico da Mata Atlântica, apresentando sua

distribuição desde os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, até o Rio Grande do Sul e Província de Misiones na Argentina (GREGORIN, 2006). Tem como característica marcante o dimorfismo sexual quanto ao tamanho e a coloração do pelo, com machos adultos apresentando coloração ruivo-avermelhada, enquanto fêmeas apresentam coloração castanha e menores que machos adultos (NEVILLE *et al.*, 1988).

Grupos de *A. clamitans* geralmente apresentam um maior número de fêmeas do que machos adultos. O grupo de *A. clamitans* estudado por LIMEIRA (2000) era composto por um macho adulto, duas fêmeas adultas e um macho subadulto. O grupo de GUZZO (2009) era composto por três adultos (um macho e duas fêmeas), dois jovens (um macho e uma fêmea) e um infante (macho). MIRANDA (2004) em seu estudo obteve uma média de 6 indivíduos por grupo, com uma média de 1,7 fêmea adulta por macho adulto no ano de 2002, em 2003 a média foi de 6,3 indivíduos por grupo, sendo 1,2 fêmea adulta por macho adulto e em 2004 a média de indivíduos por grupo, foi de 6,6, sendo que houve uma relação de 1,6 fêmea adulta por macho adulto. Em sua maioria ocorrem, um ou dois machos e raramente ocorrendo três machos adultos e duas ou três fêmeas adultas por grupo, e sua composição pode variar de dois a onze indivíduos entre imaturos e adultos (NEVILLE *et al.* 1988, MIRANDA & PASSOS, 2005). Estes formam uma hierarquia entre si, com um macho dominante por grupo (MIRANDA & PASSOS 2005; CORREA 2008, JUNGLOS, 2011).

A eliminação, fragmentação e descaracterização dos habitats naturais constituem severas ameaças à sobrevivência da fauna na atualidade (LAURANCE *et al.* 1997; CUARÓN 2000). *A. clamitans* é uma espécie dependente das florestas, embora possa eventualmente deslocar-se por curtas distâncias em áreas abertas (GALETTI *et al.* 1987). Sua conservação, portanto, depende criticamente de uma melhor compreensão dos fatores que determinam sua permanência ou extinção em paisagens fragmentadas (FORTES 2008). A eliminação, fragmentação e descaracterização dos habitats naturais constituem severas ameaças à sobrevivência da fauna na atualidade (LAURANCE *et al.* 1997).

O rápido e desordenado crescimento populacional humano em muitas regiões do planeta tem levado à aceleração destes processos, já que,

acompanhando o crescimento da população, vem o aumento no consumo dos recursos naturais e na pressão para que cada vez mais áreas de vida silvestre sejam convertidas para uso humano (FORTES 2008). Diversos estudos trazem importantes informações que contribuem para a compreensão da ecologia e comportamento do bugio-ruivo, mas alertam para a necessidade de novos estudos, pelo fato da alta devastação da Mata Atlântica. No período de 1985 a 1995, mais de 1 milhão de hectares foram desmatados em 10 Estados dentro do domínio do bioma, o que significou no desmatamento de mais de 11% dos remanescentes (MMA, 2000). Com isso, há a formação de pequenos fragmentos florestais fazendo com que populações de diversas espécies tendam a se concentrar nestes locais já que não tem a possibilidade de migração para formação de outros grupos, ocorrendo a formação de grupos atípicos.

O estudo das atividades diárias destes primatas tem se mostrado de grande valia na elucidação dos mecanismos fisiológicos utilizados pelo organismo desses animais para a manutenção da homeostasia, e adaptação a diferentes regiões (HIRANO *et al.* 1997). Apontado como um dos primatas neotropicais com maior grau de folivoria, assim como todo o gênero, *Alouatta clamitans* adota uma estratégia de minimização de gastos energéticos uma vez que as folhas são alimentos de baixo retorno calórico (NEVILLE *et al.* 1988; AURICCHIO 1995). Utilizando-se dessa estratégia, têm como temporalmente privilegiadas as atividades de manutenção (descanso, alimentação e locomoção) em detrimento dos comportamentos mais custosos, ou comportamentos que visam essencialmente à sociabilidade entre os indivíduos (MORO-RIOS *et al.* 2006). Por isso estes animais apresentam pouca atividade, descansando cerca de dois terços do dia (AURICCHIO 1995; NEVILLE *et al.* 1988).

As fontes principais de alimento destes animais são folhas e frutos, embora em algumas épocas do ano, as flores também façam parte de sua dieta. Em uma pesquisa recente, foi observado os bugios alimentando-se de espécies vegetais pioneiras e exóticas, sugerindo uma boa capacidade deste primata em se adaptar a um ambiente parcialmente alterado e colonizar novos ambientes (MIRANDA & PASSOS 2004).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi quantificar o padrão de atividades e estimar a área de vida de um grupo de *Alouatta clamitans* com dez indivíduos, sendo quatro machos adultos, em fragmento florestal urbano no município de Indaial – Santa Catarina. Trabalhos como este podem fornecer subsídios para a conservação da espécie, que rapidamente está ameaçada por causa da caça e da destruição de seu hábitat (FONSECA *et al.* 1994).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi realizado no Observatório de Primatas do Morro Geisler, com cerca de 30 ha de Mata Atlântica secundária inserida em um mosaico de fragmentos florestais ligado ao Parque Nacional da Serra do Itajaí (PNSI). A área possui uma altitude máxima de 285 m, e está localizada no município de Indaial, Santa Catarina (26° 53' 42" S, 49° 13' 34" W). O estudo foi realizado na face oeste do morro pertencente ao CEPESBI (Centro de Pesquisas Biológicas de Indaial – “Projeto Bugio”). Esta área foi escolhida devido ao fato de estudos de continuidade de comportamento serem desenvolvidos há aproximadamente 20 anos, dos animais estarem habituados à presença dos pesquisadores, pela facilidade de acesso e sendo que o bugio-ruivo é o único primata encontrado na área.

Animais

A área de estudo apresentava no período de estudo, seis grupos de *A. clamitans* variando de 5 a 15 indivíduos, com densidade de 1,46 ind/ha (JUNGLOS *et al.*, 2009). O grupo escolhido, denominado HJH, apresentava 4 Machos Adultos (MA1, MA2, MA4, MA5), 4 Fêmeas Adultas (FA1, FA2, FA3, FA4) e 2 Infantes (INF1, INF2). A classificação sexo-etária foi baseada em MENDES (1989). Cada animal do grupo foi reconhecido visualmente por alguma característica física (formato da face, mancha corpórea, cicatrizes, tamanho do corpo, coloração, etc.). Este grupo foi escolhido pelo fato de não se ter registros na literatura de uma composição grupal como esta encontrada em outros locais.

Procedimentos gerais de campo

O presente estudo ocorreu entre os meses de Outubro 2010 a Fevereiro de 2011. Os animais foram acompanhados de três a seis dias por mês, durante 12 horas diárias. Os registros de comportamento foram obtidos através do método de varredura instantânea (ALTMANN 1974), com amostragens a cada 20 minutos (5 minutos de amostragem e 15 de intervalo) nas seguintes categorias: descanso (quando o animal encontra-se parado, geralmente sentado ou deitado, e não está vocalizando); alimentação (ato do animal pegar, conduzir a boca, ou manipular de qualquer forma o alimento), locomoção (locomover-se em uma mesma árvore ou de uma árvore a outra) e interação social (brincadeira, catação, vocalização, cópula e agonismos).

A análise do padrão de atividade foi realizada utilizando-se a proporção de tempo gasto em cada comportamento. A determinação da área de vida foi calculada pelo método de esquadramento (BROCKELMAN & ALI, 1987), sendo anotado o quadrante em que o grupo se encontrava em cada amostragem de comportamento (varredura instantânea) e estes dados sobrepostos em um mapa de gride com quadrantes de 0,25 ha (50 x 50 m).

Análises de qui-quadrado de aderência ($p < 0,05$) foram empregadas para verificar o grau de significância das variações dos comportamentos analisados e da variação dos quadrantes ocupados pelo grupo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comportamento Geral

Em cinco meses de estudo realizou-se 16 dias completos de amostragem. Obteve-se 5616 registros individuais. O grupo gastou 64% ($p < 0,001$) do seu tempo descansando, 17% locomovendo-se, 14% alimentando-se e 3% interagindo socialmente (Figura 1).

O padrão geral do comportamento do grupo estudado se destaca pelo alto grau de repouso, cerca de dois terços do período diurno amostrado. O padrão de atividades se mostrou idêntico ao encontrado na literatura para a espécie e gênero estudado (Tabela 1), mesmo sendo um grupo atípico, com

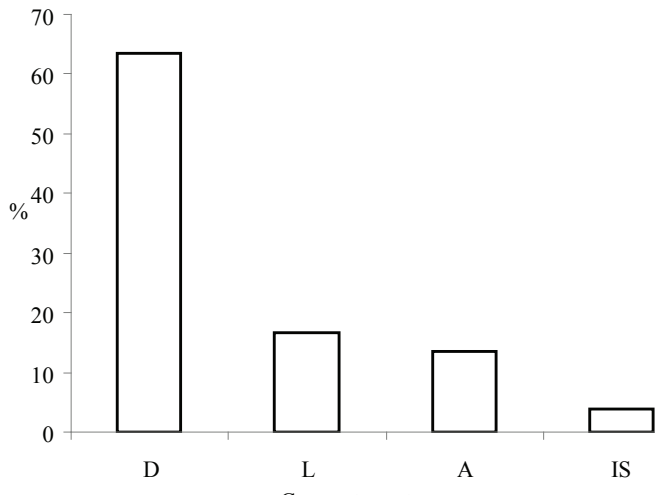


Figura 1: Comportamento geral de um grupo de *Alouatta clamitans* em um fragmento florestal urbano do Município de Indaial-SC. D= Descanso, L= Locomoção, A= Alimentação, IS= Interação Social.

um número de machos adultos superior à média, as taxas comportamentais foram de encontro à literatura. Esperava-se que um grupo atípico, como este estudado, gastaria mais tempo com deslocamentos e interações sociais, tendo em vista que precisariam de maior tempo de procura de fontes alimentares para o grupo, e possuindo um maior número de indivíduos a interação social seria maior. Porém, percebeu-se que tais padrões não se alteram ao número de indivíduos. As baixas taxas de atividades e o nível elevado de folivoria devem contribuir para que este padrão se confirme nas populações (NANTES 2009).

Os dados obtidos para o comportamento geral do grupo estudado corroboram ao já descrito a espécie *Alouatta clamitans* e ao gênero *Alouatta* em geral (Tabela 1), apresentando um elevado grau de inatividade durante o dia (CORREA 2008, HIRANO *et al.* 1997, KINZEY 1997, NEVILLE *et al.* 1988). Na maioria dos casos, os bugios dedicam menos de 10% do seu tempo aos deslocamentos, e raramente mais de 20% (NANTES 2009).

Comportamento (% de registros)					
Espécie	Descanso	Locomoção	Alimentação	Int. Social	Fonte
<i>A. clamitans</i>	63	16	13	3	Este estudo
	54	20	17	2	KOCH (2008)
	60	20	17	2	GUZZO (2009)
	73	11	12	3	MARTINS <i>et al.</i> (2008)
	66	16	14	1	CORREA (2008)
	59	15,9	23,3	0,9	JARDIM & OLIVEIRA (2000)
<i>A. caraya</i>	64,71	18,54	10,13	3,2	NANTES & RIMOLI (2009)
	65	19	12	3	MUHLE (2008)
	57	19	16	2	BRAVO & SALLERAVE (2003)
<i>A. belzebul</i>	58,7	18,2	20	2,1	PINTO (2002)

Tabela 1: Padrão de atividades diárias observadas para algumas espécies do gênero *Alouatta*. (Int. Social = Interação Social).

A Figura 2 mostra a média do padrão de distribuição das categorias comportamentais ao longo do dia. Os horários em que o grupo mais descansou ocorreram as 6:00h, entre 8:00h e 9:00h, 12:00h, 14:00h e as 17:00h. Nota-se que os horários de maior interação social entre os indivíduos ocorreram no período entre 10:00h e 11:00h. Horários de maior alimentação ocorreram as 7:00h, no período entre 10:00h e 11:00h e entre as 13:00h e 16:00h, seguido pela categoria de locomoção que ocorreram com maior frequência as 7:00h e as 16:00h.

Corroborando com os dados de HIRANO *et al.* (1997) em pesquisa realizada no mesmo local de estudo com sete indivíduos de *A. clamitans*, registrou-se a média de distribuição das categorias comportamentais ao longo do dia em que a atividade de descanso mostra maior ocorrência nos horários entre 6:00h e 10:00h e entre 13:00h e 15:00:h. Horários de maior alimentação ocorreram no período entre as 6:00h e 8:00h, as 11:00h e as 16:00h. A atividade de locomoção iniciava as 7:00h e as 10:00h. O pico de locomoção e alimentação aparece sempre em concomitância ou um após o outro, mostrando uma nítida

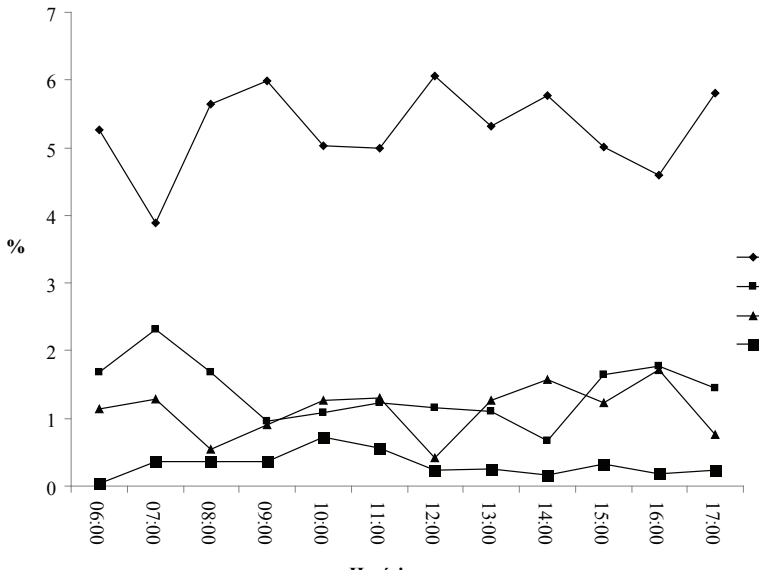


Figura 2: Média de padrão de comportamento de um grupo de *Alouatta clamitans* ao longo do dia, entre os meses de Outubro de 2010 e Fevereiro de 2011. D= Descanso, L= Locomoção, A= Alimentação, IS= Interação Social.

relação entre as duas atividades, ou seja, o animal faz o forrageamento para a procura de alimento seguido por um ato de alimentação (HIRANO *et al.* 1997). O período de descanso geralmente precedeu e sucedeu à alimentação, isto pode confirmar a estratégia de minimização dos gastos energéticos, pois a digestão de folhas demanda muito tempo e pouco retorno calórico (NEVILLE *et al.*, 1988; AURICCHIO, 1995; HIRANO *et al.*, 1997).

A taxa de interações sociais também foi de encontro ao já descrito na literatura (Tabela 1). JONES (1980) relata que os bugios possuem um sistema social pacato, com raros episódios de agressões físicas devido ao alto custo energético que ele demanda. Energicamente limitados nas manifestações agonísticas, os bugios dependem de um nível elevado de ritualização e de adequada interpretação dos sinais mais sutis, assim como a percepção de ligeiras mudanças nas emissões dos mesmos para se adequarem a dinâmica do grupo e tomarem decisões fundamentais a sua sobrevivência (JONES, 1983).

Área de uso

Os bugios do grupo HJH ocuparam uma área de uso de 4 ha como pode ser observado na Figura 3. A parte mais clara da figura (tom cinza claro) mostra a área menos utilizada ($N = 1$ a 25) e a parte mais escura mostra a área de frequência de uso ($N > 75$). Mesmo sendo um grupo um número de indivíduos superior ao habitual (média de 6 indivíduos por grupo, NEVILLE *et al.*, 1988), este ocupou uma área parecida ao encontrado na literatura. Supunha-se que estes ocupariam uma área de vida maior, pois precisariam de fontes alimentares maiores para satisfazer a todos os indivíduos e locais de dormitório mais confiáveis afim de garantir a sobrevivência do grupo durante a noite, período do qual a taxa de predação é maior.

O tamanho de uma área de vida e o modo de uso do espaço entre os primatas podem depender de diversos fatores ecológicos e comportamentais e podem variar em relação ao tamanho do grupo, à categoria trófica a que esta pertence e com relação à produtividade do habitat (MIRANDA, 2004). Análises e descrições de tais parâmetros tem sido um ponto central para o entendimento da ecologia básica de muitas populações, sendo, portanto, de fundamental importância para avaliação de seu status de conservação na natureza (LUDWIG 2006).

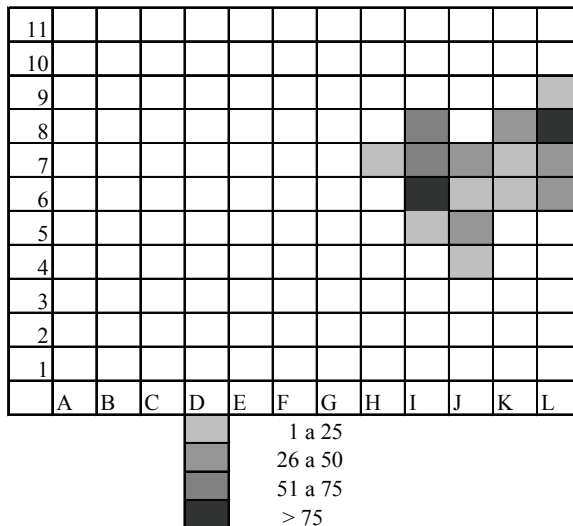


Figura 3: Área de vida de um grupo de *Alouatta clamitans* entre os meses de Outubro de 2010 e Fevereiro de 2011 no Observatório de Primatas do Morro Geisler – Indaial/SC.

JARDIM (2005) em sua pesquisa realizada com *A. clamitans* descreveu uma área de vida total de 4,4 ha onde os animais utilizaram porções de Mata de restinga e encosta, explorando os ambientes de forma homogênea. No estudo de AGUIAR *et al* (2003) foi observado uma área de uso total de 5 ha e 6 ha com dois grupos da espécie, sendo que os animais restringiram suas atividades a locais próximos às suas áreas nucleares no inverno e alimentaram-se quase que exclusivamente de frutos de *Sorocea bonplandii* e folhas de *Ficus* spp. MARTINS *et al.* (2008) registraram 3,25 ha. para um grupo. Sendo o fragmento de estudo uma mata secundária em estágio avançado de regeneração, com regeneração no sub-bosque e grande presença de lianas. O grupo estudado neste trabalho foi observado utilizando a mata secundária e a área plantada com as espécies vegetais alóctones, sendo mais comumente avistado no segundo local. (MARTINS *et al.* 2008)

MIRANDA (2004) achou uma área de vida de 16,75 ha para *A. clamitans* e LIMEIRA (2000) uma área de 11,6 ha sendo uma área de ambiente fragmentado e vegetação perturbada. LUDWIG (2006) em estudo com dois grupos de *A. caraya* observou que as dimensões das áreas de vida dos grupos variaram quanto à metodologia utilizada e quanto à sazonalidade e tipo de ambiente, onde registra áreas de 2,4 a 5 ha para um grupo insular e 14,75 a 18,75 para um continental. Uma área de vida de 1,3 ha foi registrada por MUHLE (2008) também com *Alouatta caraya*.

Os recursos alimentares, por variarem constantemente em natureza e abundância são os principais fatores a influenciar na maneira como os primatas usam e ocupam sua área de vida (LIMEIRA, 2000)

Conforme mostra a Figura 4, o quadrante utilizado com maior frequência nos meses de Outubro, Novembro e Dezembro, foi o I6 (99%, 37% e 51%, respectivamente) seguido pelo quadrante L8 (27% e 40%, respectivamente). Em Janeiro o quadrante mais ocupado foi o I7 (41%) e no mês de Fevereiro o quadrante de maior ocupação foi o I8 (20%). A alimentação do grupo pode estar relacionada à ocupação dos determinados quadrantes em cada época do ano, devido à oferta de alimento em determinados locais.

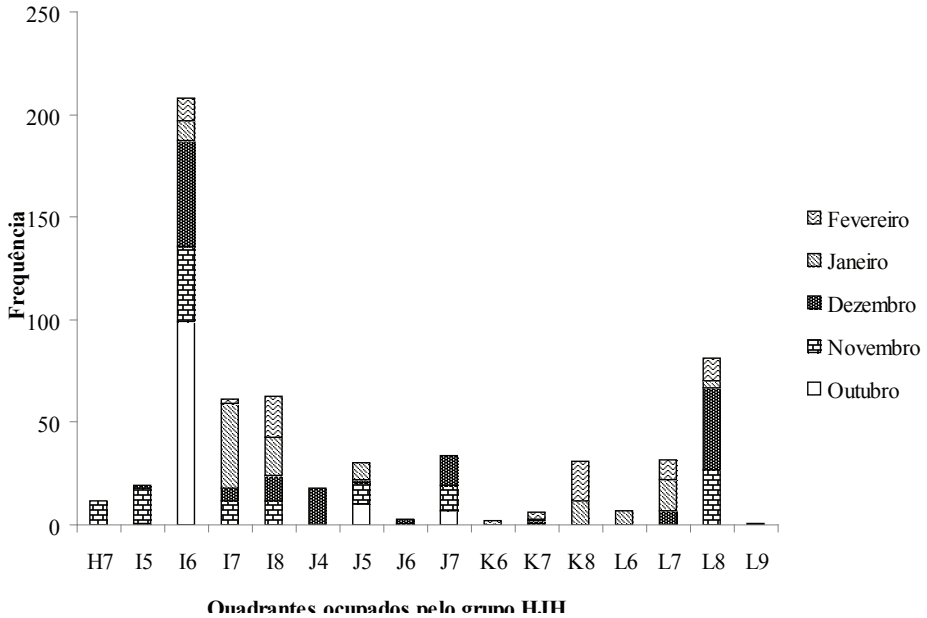


Figura 4: Quadrantes ocupados pelo Grupo HJH entre Outubro de 2010 a Fevereiro de 2011 no Observatório de Primatas do Morro Geisler, no Município de Indaial-SC.

O quadrante I6 foi ocupado durante todos os meses de pesquisa ($p < 0,001$), enquanto outros quadrantes foram ocupados em alguns meses em específico. Assim, pode-se sugerir que este quadrante possa ser da área de vida do grupo. Áreas nucleares são definidas pelas características das mesmas com alta oferta de alimento, grau de proteção, e/ou ausência de predadores, e sua escolha podem ser de fundamental importância. Outro fator importante para a escolha deste quadrante é devido à oferta de árvores frutíferas, árvores de dormitório e a espécie *Ficus* sp. (Figueira), que serviu como fonte alimentar do grupo tanto de folhas como de frutos, e ainda, sendo utilizada para descanso e dormida. As figueiras são frequentemente utilizadas por *Alouatta*. (AGUIAR *et al.*, 2003, NANTES, 2009, LUDWIG *et al.*, 2008)

Os bugios estão entre as espécies de primatas mais frequentemente encontradas em habitats fragmentados. Sua dieta folívora e sua capacidade de usar áreas domiciliares pequenas favorecem a sobrevivência em tais habitats (FORTES 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, mesmo grupos de *A. clamitans*, atípicos, com muitos machos, como o estudado neste trabalho, com um número de indivíduos alto e proporção igual entre machos adultos e fêmeas adultas, o padrão comportamental parece não se alterar. Observou-se que para todas as categorias comportamentais analisadas, a porcentagem de tempo gasta corroborou com o já descrito para a espécie. Mesmo sendo um grupo multimacho, e número de indivíduos superior à média, a área de vida, segue o mesmo padrão observado em outros grupos.

Estudos com *Alouatta clamitans* no Morro Geisler mostram a importância do desenvolvimento de estratégias para a conservação da espécie e seu habitat.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB) pela bolsa de Iniciação científica PIPE/art. 170 a Prefeitura Municipal de Indaial-SC e ao Centro de Pesquisas Biológicas de Indaial/ Projeto Bugio. A Karina Herta Loos de Oliveira pelo auxílio na elaboração do *Abstract*.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M.; REIS, N. R.; LUDWIG, L.; ROCHA, V. J. 2003. Dieta, área de vida, vocalizações e estimativas populacionais de *Alouatta guariba* em um Remanescente Florestal no Norte do Estado do Paraná. **Neotropical Primates** 11(2): 78-86.
- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. **Behavior** 49: 227-267.
- AURICCHIO, P. 1995. **Primatas do Brasil**. São Paulo. Terra Brasilis. 168 p.
- BRAVO, S.P. & A. SALLENAVE, 2003. Foraging Behavior and Activity Patterns of *Alouatta caraya* in the Northeastern Argentinean Flooded Forest. **International Journal of Primatology** 24: 825- 846.
- BROCKELMAN, W. Y.; ALI, R. 1987. Methods of surveying and sampling forest primate populations. In: **Primate Conservation in the Tropical Forest**, C. W. Marsh and R. A. Mittermeier (eds.), pp. 23-62. Alan R. Liss, New York.
- CABRERA, A. 1940. Los nombres científicos de algunos monos americanos. **Ciência mexicana** 1: 402-405.

- CORREA, I.C. 2008. **Relação entre a comunicação visual e estrutura hierárquica em um grupo de bugios (*Alouatta guariba clamitans*)**. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso - (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. Disponível em: <http://www.bc.furb.br/consulta/index.php?Pagina=novaconsulta\pesqCabecalho.php>
- FERRARI, S. F. & RYLANDS, A. B. 1994. Activity budgets and differential visibility in field studies of three marmosets (*Callithrix* spp.). **Folia Primatologica**, **63**: 78-83.
- FONSECA, G.A.B. et al. 1994. **Livro Vermelho de Mamíferos Brasileiros Ameaçados de Extinção**. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas.
- FORTES, V.B. 2008. **Ecologia e comportamento do Bugio-ruivo (*Alouatta clamitans* Cabrera, 1940) em Fragmentos Florestais na depressão central do Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese de Doutorado. Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 145p. Disponível em: http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1392
- GALETTI, M.; LAPS, R. E PEDRONI, F. 1987. Feeding behaviour of the brown howler monkey (*Alouatta fusca clamitans*) in a forest fragment in State of Sao Paulo, Brazil. **International Journal of Primatology**, **8**, 542.
- GREGORIN, R. 2006. Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta* Lacépède (Primates, Atelidae) no Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **23**(1): 64-144.
- GUZZO, G. B. 2009. **Ecologia e comportamento de *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940, em um fragmento de mata de Araucária na serra gaúcha**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 60. Disponível em: http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2117
- HIRANO, Z.M.B.; MARQUES, S.W.; SILVA, C.J.; ROBL, F.; WANKE, E. 1997. Comportamento e Hábitos dos bugios (*Alouatta fusca*, Primate Cebidae), do Morro Geisler-Indaial-SC-Brasil. **Dimanys** (5)19:19-47.
- JARDIM, M. M. A. 2005. **Ecologia Populacional de Bugios-Ruivos (*Alouatta guariba*) nos Municípios de Porto Alegre e Viamão, RS, Brasil**. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 124p. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000348957>
- JARDIM, M. M. A.; OLIVEIRA, L.F.B. 2000. Aspectos ecológicos e do comportamento de *Alouatta fusca* (GEOFFROY, 1812) na Estação ecológica de Aracuri, RS, Brasil. **A Primatologia no Brasil vol 7**, Pp. 151-169.

- JONES, C.B. 1980. The function of status in the mantled howler monkey, *Alouatta palliata* Gray: intraespecific competition for group membership in a folivorous Neotropical primate. **Primates** 21:389-405.
- JONES, C.B. 1983. Social organization of captive black howler monkeys (*Alouatta caraya*): "social competition" and the use of non-damaging behavior. **Primates** 24: 25- 39.
- JUNGLOS, A.M.; SCHMIDT, P.S.; HIRANO, Z.M.B.; SOUZA JR., J.C. 2009. **Censo**
- E densidade de bugios-ruivos, *Alouatta clamitans* (Cabrera, 1940), (Primates: Atelidae) de um Fragmento de Mata Atlântica no Município de Indaial - Santa Catarina - Brasil.** In: CD de Resumos do XIII Congresso Brasileiro de Primatologia. Blumenau, SC.
- JUNGLOS, A.M. 2011. **Funções sociais e ecológicas de esfregações em bugios ruivos (*Alouatta clamitans* Cabrera, 1940) em ambiente natural.** Trabalho de Conclusão de Curso - (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- KINZEY, W.G. 1997. **New World Primates: Ecology, Evolution, and Behavior.** New York: Aldine de Gruyter.
- KOCH, F. 2008. **Dieta e comportamento de um grupo de *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940: Uma relação de causa e efeito?** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 57p. Disponível em: http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2198
- LAURANCE, W. F.; BIERRGAARD JR., R. O.; GASCON, C.; DIDHAM, R. K.; SMITH, A. P.; LYNAM, A. J.; VIANA, V. M.; LOVEJOY, T. E.; SIEVING, K. E.; SITES JR., J. W.; ANDERSEN, M.; TOCHER, M. D.; KRAMER, E. A.; RESTREPO, C. & MORITZ, C. 1997. Tropical forest fragmentation: synthesis of a diverse and dynamic discipline. In Bierregaard JR., R. O. & LAURANCE, W. F. (Eds.), **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities** (pp. 502-514). Chicago, The University of Chicago Press.
- LIMEIRA, V. L. A. G. 2000. Uso do espaço de *Alouatta fusca clamitans* em um fragmento degradado de floresta atlântica. **A Primatologia no Brasil vol 7**, Pp. 181-196.
- LUDWIG, G. 2006. **Área de vida e uso do espaço por *Alouatta caraya* (Humboldt, 1812) em ilha e continente do alto Rio Paraná.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 88p. Disponível em: http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/4717/1/disserta%c3%a7ao_gabi.pdf

- LUDWIG, G.; AGUIAR, L.M. ; SVOBODA, W.K. ; HILST, C.L.S. ; NAVARRO, I.T. ; VITULE, J.R.S.; PASSOS, F.C. 2008. Comparison of the diet of *Alouatta caraya* (Primates: Atelidae) between a riparian island and mainland on the Upper Parana River, southern Brazil . **Revista Brasileira de Zoologia**, v. **25**, p.419-426. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v25n3/a06v25n3.pdf>
- MARTINS, J. N. 2008. **Flexibilidade alimentar e comportamental do Bugio-ruivo *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940 (Primates, Atelidae) em relação ao uso de espécies vegetais alóctones em Caxias do Sul, RS.** Monografia para obtenção do grau de Bacharel do Curso de Ciências Biológicas da Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS. Disponível em: http://www.tecniflora.com.br/Martins__J.N._2008.pdf
- MENDES, S.L. 1989. Estudo ecológico de *Alouatta fusca* (Primates: Cebidae) na Estação Ecológica de Caratinga - MG. **Revista Nordestina de Biologia** **6**: 71-104.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA); Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF). 2000. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos.** Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e Instituto de Florestas-MG. Brasília, DF. 40p.
- MIRANDA, J.M.D.; PASSOS, F.C. 2004. Hábito alimentar de *Alouatta guariba* (Humboldt) (Primates, Atelidae) em Floresta de Araucária, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **21** (4): 821-826.
- MIRANDA, J.M.D.; PASSOS, F.C. 2005. Composição e dinâmica de grupos de *Alouatta guariba clamitans* Cabrera (Primates, Atelidae) em Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **22**: 99-106.
- MIRANDA, J.M.D. 2004. **Ecologia e conservação de *Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940 em Floresta ombrófila mista no estado do Paraná, Brasil.** Tese de Mestrado em Ciências da Universidade Federal do Paraná. Paraná, PR. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/887>
- MORO-RIOS, R.F; MIRANDA, J.M.D.; PASSOS, F.C. 2006. Comportamento social do Bugio-Ruivo (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC-Florianópolis, SC. Disponível em: http://www.sbpnet.org.br/livro/58ra/JNIC/RESUMOS/resumo_1593.html
- MUHLE, C. B. 2008. **Estratégias adaptativas de um grupo de Bugios-pretos, *Alouatta caraya* (Humboldt, 1812), em um bosque dominado por eucaliptos.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 40p. Disponível em: http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2233

- NANTES, R. S; RÍMOLI, J. 2009. **Ecologia e comportamento de bugios pretos (*Alouatta caraya*, Primates, Atelidae) em fragmento florestal na margem esquerda do rio Aquidauana, Anastácio, Mato Grosso do Sul.** Departamento de Biociências- Centro/CPAQ- Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 16p. Disponível em: <http://www.propp.ufms.br/gestor/titan.php?target=openFile&fileId=641>.
- NEVILLE, M.K.; GLANDER, K.E.; BRAZA, F.; RYLANDS, A.B. 1988. The howling monkeys, genus *Alouatta*. In: MITTERMEIER, R.A., RYLANDS, A.B., COIMBRA-FILHO, A. & FONSECA, G.A.B. (Eds). **Ecology and behavior of Neotropical primates, vol. 2.** Washington: World Wildlife Fund. p 349-453.
- PINTO, L. P. 2002. **Dieta, padrão de atividades e área de vida de *Alouatta belzebul discolor* (Primates, Atelidae) em Paranaíta, Norte de Mato Grosso.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 116pp. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000239029>

PARTE IV

FISIOLOGIA, MORFOLOGIA E EVOLUÇÃO

CAPÍTULO 19

Endocrinological studies in non-human primates: significant contribution for conservation and experimental biology

Maria Bernardete Cordeiro de Sousa

Brain Institute - Federal University of Rio Grande do Norte

Abstract

The large variety of non-primates around the world creates an enormous challenge for primatologists in terms of conservation and establishing models for biological and biomedical research. Until forty years ago most studies on primate biology were based primarily on behavior. However, with the development of techniques that analyze physiological data, endocrine monitoring became a well-established tool for studying physiological mechanisms related to animal survival and reproduction. In this context, hormonal measurement allows better understanding of the complexity in delineating the biological profile of these species, which requires a phenotypic, anatomical, physiological, cellular, molecular and genetic approach. Blood, urine, feces, saliva, and hair are the main materials available for measuring hormones in order to develop either conservational protocols or those involved in basic and applied research. However, non-invasive techniques, mainly using urine and feces, generate a massive amount of data on different wildlife species, particularly non-human primates. The present study provides a general hormonal characterization during development, reproductive contexts and stress response for common marmosets (*Callithrix jacchus*) living in captivity and in the wild that can be extended to other non-human primates. We also provide data regarding the

potential of the techniques for measuring hormones as well as future challenges in obtaining the best hormonal data in endocrinology.

Keywords: non-human primates, behavior, non-invasive hormonal monitoring, conservation, biological models

Resumo

A grande variedade de primatas no Mundo gera um grande desafio para os primatologistas do ponto de vista da conservação e de modelos para pesquisa biológica e biomédica. A maioria dos estudos sobre a biologia de primatas até cerca de 40 anos atrás, era baseada principalmente no estudo do comportamento. Entretanto, com o desenvolvimento de técnicas para análise de dados fisiológicos, o monitoramento hormonal tornou-se uma ferramenta disponível para estudo dos mecanismos fisiológicos relacionados à sobrevivência e reprodução. Neste contexto, as medidas hormonais auxiliam na perspectiva de uma abordagem integrada sobre a complexidade da caracterização do perfil biológico de uma dada espécie que requer estudos fenotípicos, anatômicos, fisiológicos, celulares e moleculares. Sangue, urina, fezes, saliva e cabelos/pelos são os principais materiais disponíveis para mensuração de hormônios tanto em contextos de conservação como nos protocolos de pesquisa básica e aplicada. Todavia, o uso de técnicas não invasivas, particularmente urina e fezes são as técnicas mais utilizadas, gerando uma massa de dados de diferentes espécies em vida livre, particularmente para primatas não humanos. Neste trabalho, os dados hormonais obtidos durante o desenvolvimento, em contextos reprodutivos e na resposta ao estresse em sagui comum (*Callithrix jacchus*) em campo e cativeiro são apresentados e podem ser extensivos a outras espécies de primatas. São também brevemente discutidos cuidados gerais com a coleta do material, importância da validação da técnica para cada espécie e alguns desafios futuros para obtenção de dados hormonais mais precisos nos estudos de endocrinologia.

Palavras chave: primatas não humanos, comportamento, monitoramento hormonal não invasivo, conservação, modelos biológicos

Introduction

One of the more interesting challenges in behavioral studies is the tangible possibility of investigating the aspects of animal ecology in relation to

phenotypic, anatomical, physiological, cellular, molecular and genetic features/characters underlying the biology of a single species. These integrated studies are possible due to the development of different technologies and techniques to investigate these issues as well as the network of collaborative and/or integrative studies among institutions associated to the accessibility of databases.

Non-human primates are divided into three main groups: prosimians, monkeys and apes. Prosimians include 17 genera living in Africa, Madagascar and Asia; monkeys are those living in Neotropic zones (New World monkeys, 20 genera) and those from Asia and Africa (Old World monkeys, 23 genera). Apes include lesser apes (4 genera) and great apes (3 genera) all from the Old World (Mittermeier, Rylands and Wilson, 2013). These animals show a large range of morphological and physiological features resulting from evolutionary pressures to survive and reproduce (Darwin, 1871). The variety of habitats produced multiple feeding and reproduction strategies, generating different body size, several types of social organizations and mating systems, different lengths of ovarian cycles and pregnancy periods, requiring the individual characterization of hormonal profile for each species (Alcock, 2013).

In terms of its significance in endocrine research applied to reproduction and stress response, hormonal investigation is one of the central topics in the study of non-human primates in the context of both conservation and biomedical models (Schawarzenberger and Brown, 2013). Thus, the main issues that pose a challenge for future research in primatology are mainly related to comparative behavioral endocrinology studies in both wild and captive conditions. In this context, non-invasive techniques, hormone quantification methods and technological devices for simultaneous identification of several hormones might be considered in investigative protocols.

One of the most studied species of non-human primate in both the wild and in captivity are common marmosets (*Callithrix jacchus*), a small-bodied New World primate. Behavioral and endocrinological data obtained to date are an incentive for research in other species. Therefore, this condition provides a rare opportunity to achieve a more thorough understanding of their full biology.

Brief historic on endocrinology

The first record in field endocrinology was documented in the Ornithological Dictionary by Montagu (1802) according to Fusani (2008), where the author reports that male songbirds increase their singing when their testes are larger. Other important findings essential to hormonal knowledge were obtained in the first studies on hormonal detection by Bayliss and Starling (1902). The authors introduced the word “hormone” to describe the action of “secretin”, a substance obtained from duodenal extract of dogs, which stimulates the secretion of gastric acid when injected intravenously. However, only in the 1950s did hormones start to be characterized at molecular levels and their extracts purified. The full development of endocrinology was only possible due to discoveries of hormone regulation by the central nervous system in the 1950s. According to Guillemin (2011), the term neuroendocrinology was used for the first time in a 1946 French treatise (*Neuro-Endocrinologie*, Roussy and Mosinger). Between the 1920s and 1950s the isolation and description of the molecular structures of the hormones from the anterior lobe of the pituitary gland were identified (GH, TSH, LH, FSH, ACTH, and PRL) in conjunction with the isolation and characterization by du Vigneaud, Ressler and Trippett (1953) of two hormones of the pituitary posterior lobe: (i) oxytocin, which effects the uterus and lactation, has been described since 1908 (Lee et al., 2009) and (ii) vasopressin, whose mammalian pressor effect was first described by Oliver and Schäfer (1895). All these substances are peptides or proteins, with lengths ranging from 9 to over 100 residues (Guillemin, 2011). Furthermore, the hypothalamic factors of stimulation and inhibition of the secretion and release of pituitary hormones in peripheral blood to regulate target glands were also identified mostly between the 1950s and 1970s.

In parallel with the procedures for isolation and molecular characterization of the hypothalamic and pituitary hormones, techniques to quantify releasing hormones that stimulate the pituitary gland were developed in animal models (ovine TSH; porcine LHRH; and ovine LHRH; ovine CRH, all cited by Guillemin et al., 2011) and human GHRH (Guillemin et al., 1982).

Research with steroid hormones was also developed in the late 1950s when

the Jensen and colleagues demonstrated that tritiated estradiol was retained in the immature uterus of rats, indicating a binding site for this hormone, called estrophilin, which was later termed estrogen receptor (Jensen, 1962). At the same time Mueller and colleagues (1961) provided evidence that blocking the action of RNA or protein synthesis inhibited the action of estrogens in the rat uterus (Fannon, Vidaver and Marts, 2001), demonstrating that both transcription and translation processes were required to obtain the effects of estradiol.

From the fifties to the seventies most protein and steroid hormones were characterized in terms of physiological mechanisms of hormonal regulation, receptor binding and the resulting physiological effects that are still being revealed (Jensen et al., 2010; Micevych and Christensen, 2012). During this time, another relevant finding became available, allowing the measurement of hormones in plasma by using radio-labeled antibodies and radioimmunoassay (RIA), first developed for human insulin by Yalow & Berson, (1960). In addition, progress of enzymimmunoassay (EIA) techniques were obtained, first validated to determine protein G in bovines (Engvall and Perlman, 1971) and to conjugate the human chorionic gonadotrophin (HCG) antigen to the horse radish peroxidase (HRP) enzyme, employing purified conjugates of antibody and antigen reactions (Van Weemen and Schuurs, 1971).

The first hormonal measurements using noninvasive routes such as urine in non-human primates date from the forties (Fish, Dorfman and Young, 1942; Dorfman et al., 1944), whereas the first records in feces occurred forty years later, in baboons (Wasser, Risler and Wasser 1986; Wasser, Risler and Steiner 1988). The development of microtiter methods for EIA by Munro and Stanbesfelt (1984), for blood and its adaptation to fecal samples (Sousa and Ziegler, 1998), using fecal extract techniques developed by Ziegler, Scheffler and Snowdon (1996) for common marmosets, and by other authors for other non-human primates (Heistermann, Tari and Hodges, 1993), as well for other animal classes (Palme et al, 2005, Palme et al., 2013) were crucial to obtaining the massive amount of data available today.

Recently, the use of a high performance liquid chromatography (HPLC) system in conjunction with mass spectrometry (MS) has been suggested, since

the advantages of measuring steroid hormones in materials obtained from non-invasive sampling, despite the high cost of the instruments, is a challenging proposal both to validate RIA and EIA assays, as well as to perform simultaneous measurements, for instance different steroid hormones (Murtagh, Behringer and Deschner 2013; Ziegler person. communication) from different blood, urine, feces and/or hair samples.

Integrating hormonal data from captive and free-ranging common marmosets to understand male x female sexual strategies

Studies on reproductive behavior using non-human primates for conservation as well as for reproductive biology models are abundant. The physiological and behavioral repertoire of many species of Old and New World primates have been described in the last 3 decades: **Old World:** orangutans (Maggioncalda, Sapolsky and Czekala, 1999; Shumaker, Wich and Perkins, 2008); gorillas (Robbins and Czekala 1997; Robbins et al., 2006); chimpanzees (Nishida et al., 2003; Roof et al., 2005) macaca (Shimizu, 2008; 3 species: rhesus (*Macaca mulatta*), long-tailed (*M. fascicularis*), and Japanese (*M. fuscata*) macaques, among others; **New World:** common marmosets (*Callithrix jacchus*: Abboott and Hearn, 1978; Lunn, Hobson and Hearn 1979; Saltzman, Schultz-Darken and Abbott, 1997; Sousa et al., 2002a; Tardif et al. 2003); ear-tufted marmosets (*Callithrix kuhli*: French et al., 1996); white-faced capuchin monkeys (*Cebus apella*: Carosi et al., 1999; Carnegie et al., 2005); wild white-faced capuchin monkeys (*Cebus capucinus*: Jack et al., 2014), spider monkeys (Cerdeña-Molina et al, 2009), titi monkeys (*Callicebus molloch*: Valeggia et al., 1999); squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*: Coe and Rosenblum, 1978); cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*: Ziegler et al., 1995; Ziegler et al., 2003); golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*: Kleiman, 1977) marmoset monkeys (*Brachyteles arachnoides*: Strier, 1996; Strier & Ziegler, 1997). Information on other non-human primates, when available, might be found in Mittermeier, Rylands and Wilson (2013).

In regard to the comprehensiveness of data on reproductive endocrinology in nonhuman primates, studies on common marmosets are one of the most

prominent. Aspects of their morphology, such as small body, good adaptability associated with low cost to maintain in captivity and high rates of reproduction, characterized this species as a worthy biological model (Abbott, Hearn 1978, Abbott et al 2003; Michael et al 2013). Physiological studies using this species started around 36 years ago, and a complete description of findings on the mechanisms involved in the social regulation of reproduction in females are reviewed by Saltzman et al., (2009). Complex interactions among adult females are described based on studies in both captive and wild environments. These small animals showed hormonal characteristics such as suppression of fertility in subordinate females by dominants living in the same social group in both captive (Abbott 1987; Saltzman et al 1997; Ziegler and Sousa, 2002) and wild situations (Albuquerque et al. 2001; Sousa et al., 2005), which depends on the presence of the breeding male in the group. In both situations the socioendocrinology of this species, i. e. the effect of social environment on the interaction between hormones and behavior which encompasses neuroendocrine mechanisms and behavior and determines different reproductive success among individuals (Bercovitch & Ziegler, 1990), has received the most attention.

Analysis of these data shows that, despite the substantial information on social dynamics between breeding and non-breeding females, the full picture remains unclear. In callitrichids, the pre and postconception competition mechanisms of females are described (French, 2007). According to Saltzman, Digby and Abbott (2009), the reproduction inhibition of subordinate females by dominants, i.e. preconception mechanisms, seems not to be enforced by dominant females, but rather self-imposed by most subordinates, consistent with restraint models of reproductive skew. Nevertheless, the authors proposed that this self-suppression before pregnancy probably evolved to prevent infanticide of their litters by the dominants. In this case, the reproductive skew seems to be predominantly dependent on self-restraint by subordinates (proximate cause) as a function of the control of dominants (ultimate cause) over the reproductive success of subordinates.

Based on the aggression behavior between dominant and subordinate females, other dominant female preconception strategies to impair reproduction

in subordinate females have been suggested by Yamamoto et al., (2010), including ovulatory inhibition by (1) real aggression or (2) ritualized aggression toward the females and/or their infants, depending on whether the type of dominance is clear or contested (Alencar et al., 2006) and, (3) competition for helpers. Another variable that may also interfere in this dynamic seems to be flexibility in social systems recorded in longitudinal monitoring of free-ranging groups (Arruda et al., 2005), where polygyny was observed in 15% of the groups.

Behavioral and hormonal changes associated with social dynamics in social groups in captivity (Abbott et al., 1988; Saltzman, et al., 2009), as well as in free-ranging groups (Digby and Barreto, 1993; Lazaro-Perea, 2001; Albuquerque et al., 2001; Sousa et al., 2005; Arruda et al., 2005; Sousa et al., 2009; Yamamoto et al., 2009, 2010), demonstrated that female relationships are modulated by dominance hierarchy and have an effect on reproductive success and the occurrence of mating system flexibility (Yamamoto et al, 2010). In common marmosets both hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) and hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axes respond to reproductive challenges in the contexts of courtship, mating, pregnancy, parturition, and parental care. Importantly, both female and male sexual strategies differ between sexes, although studies with free-ranging groups found no differences in reproductive success of both sexes (Yamamoto et al., 2014).

Compared to females, few studies have investigated reproductive suppression in common marmoset males in captivity and in the wild. One of the first studies shows that dominant males living in established heterosexual groups show no differences in testosterone levels when compared to subordinates living in captivity, but a high frequency of mounts, intromissions and ejaculations were observed for dominants (Abbott, George and Ferreira, 1992). Two subsequent studies investigated the social causes of reproductive failure in male common marmoset sons living with their natal family. It was demonstrated that sons were sexually more active when tested alone with a non-related female than when tested with their mothers, and both fathers and sons did not differ in behavioral profile or hormonal levels of testosterone, luteinizing

hormone and cortisol when tested together in both contexts. These results suggested that reproductive suppression of sons seems to be non-specific and might encompass rank-related suppression and/or avoidance of mating (Baker, Abbott and Saltzman, 1999). In the second study, fathers living in family groups with pregnant mothers show significantly lower androgen levels than their adult sons (Castro and Sousa, 2005), and no copulations were recorded between sons and mothers. Therefore, in addition to mating prevention by sons, it is suggested that once their short term reproduction is assured, fathers do not need high sexual steroid levels, whereas sons continue to be aware of sexual opportunities away from their natal groups, maintaining physiological functioning for opportunistic intergroup encounters to copulate. Investigations on the dynamics of social rank among males have also been suggested different sexual strategies based on studies of male x female separation (Sousa et al., 2002b) and separation of same sex dyads (Galvão-Coelho et al., 2012). It was observed that, unlike females, males exhibit a large increase in cortisol when separated from an opposite-sex conspecific or same-sex relative.

Recent data from common marmoset free-ranging group dynamics showed replacement of either the breeding male or female on nine occasions. For females, replacement to achieve a breeding position was mostly by immigration to a vacant position and a daughter never inherited the breeding site. On the other hand, on four occasions the son of the breeding male inherited the breeding position. Thus, social dynamics showed that common marmoset males and females use different strategies to attain a breeding position that is maintained as long as possible to produce a large number of offspring (Yamamoto et al., 2014).

These findings are very challenging and indicate how data collected from captive and free-ranging animals has the potential to provide new avenues to understanding the behavioral ecology of non-human primates. Table 1 gives a summary of references where hormones were measured in common marmoset males and females during reproductive and social contexts using different techniques and materials, such as urine and blood and, recently, feces.

General aspects of hormonal measurement

Blood is the best material for hormonal evaluation since it shows, in real time, what is occurring in peripheral circulation and allows measurement of peptides and proteins as well as steroid hormones, for short and long-term monitoring. However, this type of measure is practically inviable in the wild, particularly for long-term monitoring. On the other hand, urine is a relevant material for long-term monitoring, but even though urine had been successfully collected in many groups of common marmosets living in captivity (Anzenberger and Gossweiler, 1993) it is not easy to collect on a regular basis in the wild (Heistermann, 2010). On the other hand, fecal collection is an optimal choice, since it is more practical and can be performed more easily in a captive environment (Sousa and Ziegler, 1998), as well as in the wild (Albuquerque et al., 2001). Therefore, in the last three decades new noninvasive techniques to measure hormones in non-human primates, mainly in feces (Heistermann et al., 1993, Ziegler, et al., 1996), have become available. Other materials to quantify hormones include saliva (Cross and Rogers, 2004) and hair (Koren et al., 2002), but in these cases it is necessary to interact with the animals by training (saliva) or by coughing and immobilizing the animal (hair), before reaching systematic and expected sampling. Thus, urine, one of most widely used collection methods, is adequate for long-term or frequent monitoring because it allows the estimation of either protein and steroid hormones or their metabolites (Heistermann, 2010; Hodges and Heistermann, 2011). Similarly, feces is the best material for hormonal monitoring in free ranging animals, restricted to steroid hormones, and requiring knowledge about the defecation habits of each species.

able 1 - Hormones that were measured in common marmosets, in sexual and/or social contexts,

Sex/ pair	Physiological/ experimental condition	Route /hormones mea- sured/sample size	Condition	Refs.
<i>Female</i>				
	Development	Feces/cortisol, progesterone and estradiol (n= 6)	Captivity	Castro, 2011
	Puberty	Blood/ progesterone (undefined) Feces /progesterone and estradiol (n= 6) Feces/ cortisol (n=6)	Captivity Captivity Captivity	Abbott and Hearn, 1978; Rêgo et al., 2011 Castro, 2011
	Diurnal rhythm	Feces/progesterone, estradiol and cortisol (n= 4)	Captivity	Sousa and Ziegler, 1998
	Ovarian cycle	Blood/ptogesterone, (n= 5) Blood/progesterone, testosterone and estrone (n= 7) Blood/progesterone, pregnanediol, estradiol (n= 4) Urine/progesterone (n= undefined) Feces/progesterone (n= 7)	Captivity Captivity Captivity Captivity Captivity	Khoulkute, 1984a Kendrick and Dixon, 1983; Heistermann et al., 1993 Anzemberger et al., 1993 Ziegler and Sousa, 2002
	Pregnancy	Urine/progesterone (pregnant, n= 25; non-pregnant, n= 29) Blood and urine/LH/CG, progesterone, (n= 12) Blood and feces simultaneously/progesterone and estradiol (n=10)	Captivity Captivity Captivity Captivity	Lunn, Hobson and Hearn, 1979 Torii., et al. 1998 Hodges and Heistermann, 2011 Barbosa et al., 2010
	Postpartum estrus	Blood/LH and progesterone (n=8)	Captivity	Dixson and Lunn, 1987
	Parental care	Blood/prolactin (sub-adult daughters, n= 3)	Captivity	Mota et al., 2006

Sex/ pair	Physiological/ experimental condition	Route /hormones mea- sured/sample size	Condition	Refs.
<i>Female</i>				
	Social status	Blood/progesterone (n= undefined) Blood/ACTH, cortisol (n= dominant=14; subordinate, n=14) Feces/Progesterone and cortisol (breeding, n= 1; nonbreeding, n=2)	Captivity Captivity Wild	Abbott and Hearn, 1978 Saltzman et al., 2004 Albuquerque et al., 2001
	Mating season	Cortisol (n= 5)	Captivity	Cunha et al., 2007
	Infanticide – Dominant and subordinate females	Feces/progesterone and cortisol (n=3)	Wild	Albuquerque (2001)
<i>Male</i>				
	Development	Blood/testosterone (n= 25) Feces/cortisol and androgens (n= 4)	Captivity Captivity	Chandólia et al., 2006 Castro, 2011
	Basal levels	Urine/cortisol, androgen and progesterone metabolites (n= 3)	Captivity	Shackleton, 1975
	Annual variation	Blood/testosterone (n= 6)	Captivity	Khouloukute 1948b
	Diurnal rhythm	Blood /androgens(n= 7) Feces/cortisol (n=5)	Captivity	Khouloukute 1948b Raminelli et al., 2001
	Annual variation	Blood/testosterone	Captivity	Khouloukute, 1984b
	Mating season	Blood/cortisol (n= 8)	Captivity	Cunha et al., 2007
	Family groups	Blood/androgens (fathers, n=7; postpubertal sons, n= 7) Blood/androgens (adult sons, n=4; juveniles sons,n= 3)	Captivity Captivity	Baker et al., 1999 Castro and Sousa, 2005

Sex/ pair	Physiological/ experimental condition	Route /hormones mea- sured/sample size	Condition	Refs.
<i>Male</i>				
	Social status	Blood/testosterone, LH (n=) Feces/ cortisol, andro- gens (breeding, n=2; non-breeding ,n= 2;)	Captivity Wild	Abbott et al., 1992 Pontes, 2006
	Parental care	Blood/testosterone, prolactin (breeding male n= 5) Blood/cortisol (breeding male, n= 10 ; subadult sons, n= 4)	Captivity Captivity	Dixson and George, 1982 Mota et al., 2006
<i>Pair</i>				
	Stress re- sponse to pair separation	Blood/cortisol, ACTH (heterosexual adult n= 11) ; Feces/cortisol [(adults heterosexuals (n=8); su- badults relative males (n= 5) and females (n= 4)] Feces/cortisol [familiar isosexual pair of males (n= 4) and females; unfam- iliar (n=3)	Captivity Captivity	Jonhson et al. 1996; Sousa et al., 2002 Galvão-Coelho et al 2012

Females: Progesterone, estradiol and/or their metabolites [estrone conjugates (E1C) and pregnanediol-3-glucuronide (PdG)], respectively; LH, cortisol, prolactin.

Males: Testosterone, LH, androgens, cortisol, prolactin.

Although the hormonal profile in saliva directly follows what takes place in blood, with a short delay (around 15 minutes), the number of studies is still low compared to urine and feces investigations, since it is necessary to train the animal, restricting its use to wild conditions. For a review of the collection methods, advantages and precautions, as well as the application for each type of sample of the different materials, see Heistermann (2010) for valuable and detailed information.

Another important topic is to know the source of hormonal production to avoid false positive or negative results. Thus, the use of classical approaches for the study of hormonal involvement in the expression of such behavior, based on removal of the gland, might result in misleading sampling because hormones are produced outside the specific gland, at extragonadal sites, as observed for sexual hormones, and their actions could be as metabolites or transformation into another similar hormone. Moreover, the implication for hormones in other physiological mechanisms, in addition to the target organs, interferes in the analysis of gland ablation (Fusani, 2008).

Routes of metabolism and steroid excretion differ among species and between sexes (Palme et al, 2005) and the amount of steroids excreted in urine and/or feces, as demonstrated to date, are not similar in different species, and data are available for only a few species of non-human primates (Ziegler et al., 1996; Mohle et al., 2002; Heistermann, 2010). With respect to the growth of fecal collection in laboratory and the wild for evaluating hormonal events, various extraction methods have been developed: two-phase extraction (hydrolysis and solvolysis) (Ziegler, et al., 1996) or in liquid solutions of ethanol or methanol (40–80%), simple shaking (Hodges & Heistermann, 2010) or 80% aqueous methanol (Palme et al., 2013). In this last condition, an increase in the total amount of recovered radioactivity as well as the percentage of unconjugated metabolites of the samples of different animal species were observed (Palme et al., 2013). Since the extraction of steroids from fecal samples corresponds to the initial phase before hormonal quantification, other methodological questions are involved, such as the type of assay to be performed afterwards. RIA or EIA are the most frequent assays executed, but the latter is preferable

because the former poses health and safety risks due to radiation. In both techniques validation is required demonstrating that small or large amounts of the hormone and/or their metabolites have been detected to ensure it is working correctly and supplying accurate data.

A recent review suggests the use of the liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS)-based method for simultaneous identification of endogenous concentrations of steroid hormones to measure steroid hormones and their metabolites in urine and feces (Murtagh, Behringer and Deschner 2013; Ziegler personal comm.). One of the advantages of LC-MS in immunoassays is related to the nature of the binding of the antibody to an antigen of the hormone, since cross reactivity might confound, mainly for feces and urine. LC-MS avoids this problem and allows the simultaneous measurement of several hormones and their metabolites (Murtagh et al., 2013). In a study of a quantitative method using liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LC–MS–MS) in a small urine sample (200 μ L), it was possible to measure the proportion of steroid hormone excreted as sulfate for 21 steroids in chimpanzees. An initial sample purification step was necessary (Hauser et al., 2008). Despite the valuable potential to measure hormones collected noninvasively, the high costs of LC-MS and training are outweighed by the accuracy and simultaneous measurements of hormones and their metabolites.

Furthermore, in addition to the type of sampling material and assay to be adopted, precautions with the time of collection and storage of samples must also be taken into account. As recommended for blood, urine, and saliva, hormonal excretion in feces also varies according to the time of the day and a fixed interval needs to be established before collection, as first demonstrated by Sousa and Ziegler (1998). Table 2 shows a summary of the type of sample, application for wild and captive conditions, and the nature of hormonal variation, whether acute or short or long retrospective measuring.

Finally, it is important to be aware for the seasonal variations in circulating adrenal and sexual hormones. As demonstrated for male birds (Hau, Sharon & Goymann, 2008), since understand ecological factors influencing the relations between hormone and behavior in natural population is crucial to understand the evolutionary pressures that form the hormone-behavior connections.

Table 2- Type of sample, indication of the nature and duration for monitoring in the wild and in captivity.

Material	Application	Sampling	Best site(s)
Blood	Acute/ short and long term monitoring	invasive, needs immobilization	Captivity/wild
Urine	Early retrospective/short and long term monitoring	non-invasive, sometimes training required	Captivity/wild
Feces	Early retrospective/short and long term monitoring	non-invasive, need to know defecation habits	Captivity/wild
Saliva	Acute/ short and long term monitoring	non-invasive, training required	Captivity
Hair	Retrospective/Long term monitoring	non-invasive, needs immobilization	Captivity/wild

For more details see Heistermann, 2010.

References

- Abbott, D. H., Hearn, J. P. (1978). Physical, hormonal and behavioural aspects of sexual development in the marmoset monkey, *Callithrix jacchus*. *Biol Reprod Fertil* 53:155-166.
- Abbott, D. H. (1987). Behaviourally mediated suppression of reproduction in female primates. *J. Zool. London*, 231: 455-470.
- Abbott D. H., George, L. M., Ferreira, B. R. (1992). Endocrine and behavioral constraints on reproduction in subordinate male common marmosets. *Am. J. Primatol.* 27: 13.
- Abbott, D. H., Hodges, J. K & George, L. M. (1988). Social status controls LH secretion and ovulation in female marmoset monkeys (*Callithrix jacchus*). *J. Endocrinol.*, 117: 329-339.

- Abbott, D.H., Barnett, D.K., Colman, R.J., Yamamoto, M.A., Schultz-Darken, N.J. (2003). Aspects of common marmoset basic biology and life. *Comp Med* 53: 339-350.
- Albuquerque, A. C. S. R., Sousa, M. B. C., Santos H. M., Ziegler, T. E. (2001) Behavioral and hormonal analysis of social relationship between oldest (reproductive and non-reproductive) females in a wild monogamous group of common marmoset, *Callithrix jacchus*. *Int J Primatol* 22:631–645.
- Alcock, J. *Animal Behavior. The Evolution of Reproductive Behavior. CHAPTER 7.* Sinauer Associates, Inc. Publishers: Sunderland, Massachusetts, 2013, pp. 171-216. Sunderland, Massachusetts
- Alencar, A. I., Sousa, M. B. C., Abbott, D. H., Yamamoto, M. E. (2006) Contested dominance modifies the anovulatory consequences of social subordination in female marmosets. *Braz J Med Biol Res*39:647–658
- Anzenberger, G., Gossweiler, H. (1993) How to obtain individual urine samples from undisturbed marmoset families. *Am J Primatol.*, 31:223–230.
- Arruda, M. F., Araújo, A., Sousa, M. B. C., Albuquerque, F. S., Albuquerque, A. C. S. R., Yamamoto, M. E. (2005). Two-breeding females within free-living groups may not always indicate polygenic: alternative subordinate female strategies in common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Folia Primatol* 76:10–20.
- Baker, J. V., Abbott, D. H., Saltzman, W. (1999). Social determinants of reproductive failure in male common marmosets housed with their natal family. *Anim Behav.*, 58:501-513.
- Barbosa, M.F.P.P. (2003). Níveis de esteroides e comportamentos sócio-sexuais do par reprodutor de *Callithrix jacchus* durante os períodos de gestação e pós-parto. Ph Thesis, UFRN: Natal, 102p (*in portuguese*).
- Bayliss W. M. and Starling E. H. (1902). Secretin and the exposition of hormonal control. *J Physiol.* 28: 325-353.
- Bercovitch F B and Ziegler T E. (1990). Introduction to socioendocrinology, pp. 1–9.
- Carnegie, S. D., Fedigan, L. M., Ziegler T. E. Post-conceptive mating in white-faced capuchins, *Cebus capucinus*: hormonal and sociosexual patterns of cycling, noncycling, and pregnant females. CHAPTER SIXTEEN. In: *New Perspectives in the Study of Mesoamerican Primates: Distribution, Ecology, Behavior, and Conservation*, edited by Alejandro Estrada, Paul A. Garber, Mary S. M. Pavelka, and LeAndra Luecke. Springer, New York, 2005.

- Carosi, M., Heistermann, M., Visalberghi, E. (1999). Display of proceptive behaviors in relation to urinary and fecal progesterone levels over the ovarian cycle in female tufted capuchin monkeys. *Horm Behav.*, 36, 252–265.
- Castro, D. C., Sousa, M. B. C. (2005). Fecal androgen levels in common marmoset (*Callithrix jacchus*) males living in captive family groups. *Braz J Med Biol Res* 38: 65-72.
- Castro, D.C. (2011). Caracterização comportamental e endócrina das fases do desenvolvimento de sagui, *Callithrix jacchus*. UFRN:Natal, PhD Thesis, p. 110 (*in portuguese*).
- Cerda-Molina, A. L., Hernández-López, L., Chavira-Ramírez, R., Cárdenas M., Mondragón-Ceballos, R (2009). Seasonality of LH, testosterone and sperm parameters in spider monkey males (*Ateles geoffroyi*). *Amer. J. Primatol.*, 71:427-431.
- Chandolia, R. K., Luetjens, C.M., Wistuba, J., Yeung, C .H., Nieschlag, E. Simoni M. (2006). Changes in endocrine profile and reproductive organs during puberty in the male marmoset monkey (*Callithrix jacchus*). *Reproduction* 132: 355–363.
- Coe, C.L, Rosenblum, L.A. (1978). Annual Reproductive Strategy of the Squirrel Monkey (*Saimiri sciureus*). *Folia Primatol* 29:19–42.
- Cross, N., Rogers, L. J. (2004). Diurnal cycle in salivary cortisol levels in common marmosets. *Dev Psychobiol* 45:134-139.
- Cunha, M. S., Fernandes, L .C., Vivacqua, C. A., Sousa M. B. C. (2007). Annual variation in plasma cortisol levels in common marmosets, *Callithrix jacchus*. *Biological Rhythm Research*. 38:373-381.
- Darwin, C. R. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. Reprint, 1871. The principles of sexual selection. CHAPTER VIII. Princeton University, Press, Princeton, New Jersey, pp. 253-320, 1981.
- Digby, L.J., Barreto, C.E. (1993) Social organization in a wild population of *Callithrix jacchus*. *Folia Primatol* 61:123–134.
- Dixon A .F, George L. (1982). Prolactin and parental behaviour in a male new world primate. *Nature*, 299: 551-553.
- Dixon, A.F., Lunn, S.F. (1987). Post-partum changes in hormones and sexual behaviour in captive groups of marmosets (*Callithrix jacchus*). *Physiol Behav* 41:577-583.
- Dorfman, R.I., Horwitt, B.N., Shipley R.A., Abbott W. E. (1944). Metabolism of the steroid hormones: The adrenal gland as the source of cortin-like material in the urine of monkeys. *Endocrinology* 35: 15-22.

- du Vigneaud, V., Ressler C., Trippett S. 1953 The sequence of amino acids in oxytocin, with a proposal for the structure of oxytocin. J Biol Chem. 205: 949-57.
- Engvall, E., Perlman, P. (1971). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Quantitative assay of immunoglobulin G. Immunochemistry, 8: 871-874.
- Fannon, S. A., Vidaver R. M., Marts, S. A. (2001). Historical Perspectives: An abridged history of sex steroid hormone receptor action. J Appl Physiol 91:1854-1859.
- French, J.A., Brewer, K.J., Schaffner, C. M, Schalley, J., Hightower-Merritt, D., Smith T.E., Bell, S.M. (1996). Urinary steroid and gonadotropin excretion across the reproductive cycle in female Wied's black tufted-ear marmosets (*Callithrix kuhli*). Am J Primatol 40: 231-245.
- French, J. A. Proximate regulation of singular breeding in callitrichid primates. In Cooperative breeding in mammals (eds N. G. Solomon & J. A. French). New York, NY: Cambridge University Press, p. 34-75, 2007.
- Fish, W.R., Dorfman, R.I., Young, W.C. (1942). Metabolism of the steroid hormones. III. The isolation of pregnandiol-3(alpha),20(alpha) from the urine of pregnant chimpanzees. J Biol Chem 143: 715-720.
- Fusani, L. (2008). Testosterone control of male courtship in birds. Horm Behav. 54: 227-233.
- Galvão-Coelho, N. L., Silva, H. P. A., Sousa, M .B. C. (2012). The influence of sex and relatedness on stress response in common marmosets (*Callithrix jacchus*). Am J Primatol 74:816-827.
- Guillemin, R., P. Brazeau, P., Bohlen, et al. (1982). Growth hormone-releasing factor from a human pancreatic tumor that caused acromegaly. Science 218: 585-587.
- Guillemin, R. Neuroendocrinology: a short historical review. (2011). Ann. N.Y. Acad. Sci. 1220: 1-5.
- Hau M., Sharon, A. G., Goymann, W. (2008). Tropical field endocrinology: Ecology and evolution of testosterone concentration in male birds. Gen Comp Endocrinol 157: 241-248.
- Hauser, B., Deschner T., Boesch C. (2008). Development of a liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for the determination of 23 endogenous steroids in small quantities of primate urine. J. Chromat. B 863: 100-112.
- Heistermann, M., Tari S., Hodges, J.K. (1993). Measurement of faecal steroids for monitoring ovarian function in New World primates, Callitrichidae. J Reprod Fertil 99:243-51.

- Heistermann, M. (2010) Reproduction and reproductive monitoring: Non-invasive monitoring of endocrine status in laboratory primates: methods, guidelines and applications. *Adv. Sci. Res.*, 5, 1–9.
- Hodges, J. K., Heistermann, M. (2011) Field and laboratory methods in primatology: A practical guide. Edited by Joanna M. Setchell, Deborah. Chapter 20, 353–370. Cambridge University Press: New York.
- Jack, K. M, Schoof, V. A M, Sheller, C., Rich, C. I, Klingelhofe, P.P, Ziegler, T.E, Fedigan L. (2014). Hormonal correlates of male life history stages in wild white-faced capuchin monkeys (*Cebus capucinus*). *Gen Comp Endocrinol*, 195:58–67.
- Jensen, E. V. (1962). On the mechanism of estrogen action. *Perspect Biol Med* 6: 47–59.
- Jensen, E.V., Jacobson, H.I., Walf, A.A., Cheryl A. Frye, C.A. (2010). Estrogen action: a historic perspective on the implications of considering alternative approaches. *Physiol Behav* 99: 151–162.
- Johnson, E. O., Kamilaris, T. C., Carter, C. S., Calogero, A. E., Gold, P. W., Chrousos, J.P. (1996). The biobehavioral consequences of psychogenic stress in a small, social primate (*Callithrix jacchus jacchus*). *Biol Psych* 40: 317–337.
- Kendrick, K. M., Dixson, A. F. (1983). The effect of the ovarian cycle on the sexual behaviour of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Physiol Behav*, 30:735–742.
- Kholkute, S. D. (1984a). Plasma progesterone levels throughout the ovarian cycle of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Primates* 25: 123–126.
- Kholkute, S. D. (1984b): Diurnal and annual variations in plasma androgen levels in the adult male marmoset *Callithrix jacchus*. *Int J Androl* 7: 431–438.
- Kleiman, D.G. (1977). Characteristics of reproduction and sociosexual interactions in pairs of lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*) during the reproductive cycle. In: Kleiman, D.G. 140 (Ed.). *The Biology and Conservation of the Callitrichidae*. Washington: Smithsonian Institution Press, p. 181–190.
- Koren, L., Mokady, O., Karaskov, T., Klein, J., Koren, G., Geffen, E. (2002). A novel method using hair for determining hormonal levels in wildlife. *Anim Behav* 63:403–406.
- Lazaro-Perea, C. L. (2001). Intergroup interactions in wild common marmosets, *Callithrix jacchus*: territorial defense and assessment of neighbours. *Anim Behav* 62: 11–21.
- Lee, H. J., Macbeth, A. H., Pagani, J., Scott, W. Y. (2009). Oxytocin: the great facilitator of life. *Prog Neurobiol* 88: 127–151.

- Lunn, S. F., Hobson, B.M., Hearn, J. P. (1979). Pregnancy diagnosis in the common marmoset (*Callithrix jacchus jacchus*). *Folia Primatol* 32: 200-206.
- Maggioncalda, A.N., Sapolsky, R.M., Czekala, N.M. (1999). Reproductive hormone profiles in captive male orangutans: implications for understanding developmental arrest. *Am J Phys Anthropol* 109:19-32.
- Micevych P, and Christensen A. (2012). Membrane-initiated estradiol actions mediate structural plasticity and reproduction. *Front Neuroendocrinol* 33: 331-341.
- Michael, L. P., Ross, C.N. Schulkin, J., Ziegler, T.E., Tardif, S.D. (2013) Metabolic consequences of the early onset of obesity in common marmoset monkeys. *Obesity* 21:E592-598.
- Mittermeier, R.A., Rylands, A.B., Wilson, D.E. (eds). (2013). *Handbook of the mammals of the World. 3. Primates.* (2013). Lynx Editions: Barcelona, pp. 13-26.
- Möhle U, Heistermann M, Palme R and Hodges J K (2002). Characterization of urinary and fecal metabolites of testosterone and their measurement for assessing gonadal endocrine function in male nonhuman primates. *Gen Comp Endocrinol*, 129: 135-145.
- Mota, M.T., Franci, C.R., Sousa, M.B.C. (2006). Hormonal changes related to paternal and alloparental care in common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Horm Beh*, 49, 293-302, 2006.
- Gerald C. Mueller, John Gorski,† and Yoshio Aizawa (1961). The role of protein synthesis in early estrogen action. *Proc Natl Acad Sci* 47: 164–169.
- Munro C G, and Stabenfeldt G. (1984). Development of a microtitre plate enzyme immunoassay for the determination of progesterone. *J Endocrinol* 101 (1) 41-49.
- Murtagh R. Behringer, V., Deschner, T. (2013). T. LC-MS as a method for non-invasive measurement of steroid hormones and their metabolites in urine and faeces of animals. *Vet Med Austria*, 9-10: 247-254.
- Nishida, T., Corp N., Hamai, M., Hasegawa, T., Hiraiwa-Hasegawa, M., Hosak,a K., Hunt, K.D., Itoh, N., Kawanaka, K., Matsumoto-Oda, A., Mitani, J.C., Nakamura, M., Norikoshi, K., Sakamaki, T., Turner, L., Uehara, S., Zamma, K. (2003). Demography, female life history, and reproductive profiles among the chimpanzees of Mahale. *Am J Primatol*, 59:99-121.
- Oliver, G, Schäfer, E. A. On the physiological action of extracts of pituitary body and certain other glandular organs: Preliminary communication. *J Physiol* 1895 Jul 18;18 (3):277-279.
- Palme, R., Rettenbacher, S., Touma, C., El-bahr S.M., Möstl, E. (2005). Stress hormones in mammals and birds comparative aspects regarding metabolism, excretion, and noninvasive measurement in fecal samples. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1040: 162–171.

- Palme, R., Touma, C., Arias, N., Dominchin, M.F., Lepschy, M. (2013). Steroid extraction: Get the best out of faecal samples. *Vet Med Austria*, 9-10: 238-246.
- Pontes, M. C. Correlatos hormonais do comportamento reprodutivo de machos de sagui comum, *Callithrix jacchus* MsC Dissertation, UFRN: Natal, 2006, 63p. (*in portuguese*).
- Raminelli, J.L.F., Sousa, M.B C., Cunha, M.S., Barbosa, M.F.V. (2001) Morning and afternoon patterns of fecal excretion of cortisol among reproductive and non-reproductive male and female common marmosets, *Callithrix jacchus*. *Biol Rhythm Res* 32:159–167.
- Rego, B. S., Spyrides M. H. C., Sousa, M. B. C. (2011) Possible organizational effect of sex steroids on the stabilization of manual preference in female common marmosets (*Callithrix jacchus*) *Primates* 52(4): 343-349.
- Robbins, M.M., Czekala, N.M. (1997). A preliminary investigation of urinary testosterone and cortisol levels in wild male mountain gorillas. *Am J Primatol* 43:51-64.
- Robbins, A.M., Robbins, M.M., Gerald-Steklis, N., Steklis H.D. (2006). Age-related patterns of reproductive success among female mountain gorillas. *Am J Phys Anthropol* 131:511–521.
- Roof K.A., Hopkins W.D., Izard MK, Hook M, Schapiro, S.J. (2005). Maternal age, parity, and reproductive outcome in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*) *Am J Primatol*. 67:199–207.
- Saltzman, W., Schultz-Darken, N. J., Abbott, D. H. (1997). Familial influences on ovulatory function in common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Am Jf Primatol* 41: 1-21.
- Saltzman, W., Prudom, S.L, Schultz-Darken, N J, Wittwer, D J, Abbott, D.H. (2004). Social suppression of cortisol in female marmoset monkeys: role of circulating ACTH levels and glucocorticoid negative feedback. *Psychoneuroendocrinology* 29: 141–161.
- Saltzman W, Digby L J. and Abbott D.H. (2009). Reproductive skew in female common marmosets: what can proximate mechanisms tell us about ultimate causes? *Proc. R. Soc. B* 276: 389–399.
- Schwarzenberger F. and Brown, J.L. Hormone monitoring: An important toll for the breeding management of wildlife species. *Vet Med Austria*, 9-10: 209-225, 2013.
- Shackleton C H L. (1975). The excretion of steroids by the adult marmoset monkey (*Callithrix jacchus*). *J Steroid Biochem* 6: 1429-1432.

- Shimizu, K. (2008). Reproductive hormones and the ovarian cycle in macaques. *J Mammal Ova Res* 25:122-126.
- Shumaker R W, Wich S A, Perkins L. (2008). Reproductive life history traits of female orangutans (*Pongo spp.*). *Interdiscip Top Gerontol* 36:147-61.
- Sousa M B C and Ziegler T.E. (1998) Diurnal variation on the excretion patterns of steroids in common marmoset (*Callithrix jacchus*) females. *Am J Primatol* 46:105–117.
- Sousa M.B C., Nascimento M.C.L., Albuquerque A.C.S.R. (2002a). Fecal collection in free-ranging common marmosets, *Callithrix jacchus*. *Neotrop Primates* 10:21–24
- Sousa M.B. C., Silva H.P.A., Leão A.C. (2002b) Sexual differences on behavior and fecal cortisol using the separation paradigm in common marmosets, *Callithrix jacchus*. Abstracts, IPS Conference, Beijing, p. 94.
- Sousa M.B.C., Albuquerque A.C.S.R., Albuquerque F.S., Araújo A., Yamamoto M.E., Arruda M.F. (2005). Behavioral strategies and hormonal profile of dominant and subordinate common marmoset (*Callithrix jacchus*) females in wild monogamous groups. *Am J Primatol* 67:37–50.
- Sousa, M.B.C., Albuquerque, A.C.S.R., Yamamoto, M.E., Araújo, A., Arruda M. F. Emigration as a Reproductive Strategy of the Common Marmoset (*Callithrix jacchus*). In: Ford SM, Porter LM, Davis LC (eds) *The smallest anthropoids: The marmoset/callimico radiation*. Springer Press, New York, pp 167–182, 2009.
- Strier, K. B. Ziegler, T. E. (1997). Behavioral and endocrine characteristics of the reproductive cycle in wild muriqui monkeys, *Brachyteles arachnoides*. *Am J Primatol* 42:299-310.
- Strier, K. B. (1996). Reproductive Ecology of Female Muriquis (*Brachyteles arachnoides*): Adaptive Radiations of Neotrop Prim pp 511-532.
- Tardif, S.D., Smucny, D.A., Abbott, D.H., Mansfield, K., Schultz-Darken, N., Yamamoto, M.E. (2003). Reproduction in captive common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Comp Med* 53:364-368.
- Torii, R, Nigi H, Koizumi, H, Tanioka, Y. (1998). Serum chorionic gonadotropin, progesterone, and estradiol-17 β levels during pregnancy in the common marmoset, *Callithrix jacchus*. *Primates* 30: 207-215.
- Valeggia, C.R., Mendoza S.P., Fernandez-Duque E., Mason, W.A., Lasley, B. (1999). Reproductive biology of female titi monkeys (*Callicebus moloch*) in captivity. *Am J Primatol* 47:183-95.

- Van Weemen, B. K., Schuurs, A. V W. M. (1971). Immunoassay using antigen-enzyme conjugates. *FEBS Lett* 15: 232-236.
- Yalow, R., Berson, S. (1960). Immunoassay of endogenous plasma insulin in man. *J Clin Invest* 39: 1157–1175.
- Yamamoto M E, Arruda M F, Alencar A I, Sousa M B C, Araújo A. Mating systems and female-female competition in the common marmosets, *Callithrix jacchus*. In: Ford SM, Porter LM, Davis LC (eds) *The smallest anthropoids: The marmoset/callimico radiation*. Springer Press, New York, pp 119–133, 2009.
- Yamamoto M E, Araújo A, Sousa M B C, Arruda, M F. Social organization in *Callithrix jacchus*: cooperation and competition. In: Macedo, R.H.F. (Ed.), *Advances in the Study of Behavior*, vol. 42. Academic Press, New York, pp.259–273, 2010.
- Yamamoto M E, Araújo A, Arruda M F, Lima A K M., Siqueirab J O, Hattori, W T. (2014). Male and female breeding strategies in a cooperative primate. *Behavioural Processes*, in press.
- Wasser S.K., Risler, L., Wasser, LM. (1986). Use of techniques to extract steroid hormones from primate feces. *Primate Report* 14: 194-195.
- Wasser, S.K., Risler, L., Steiner, R.A. (1988). Excreted steroids in primate feces over the menstrual cycle and pregnancy. *Biol Reprod.* 39: 862-872.
- Ziegler T,E., Scheffler G, Snowdon CT. (1995). The relationship of cortisol levels to social environment and reproductive functioning in female cotton-top tamarins, *Saguinus oedipus*. *Horm Behav* 29: 407–424.
- Ziegler, T. E., Scheffler, G., Snowdon, C.T. (1996). Metabolism of reproductive steroids during the ovarian cycle in two species of callithrichids, *Saguinus oedipus* and *Callithrix jacchus*, and estimation of the ovulatory period from fecal steroids. *Biol Reprod* 54: 91-94.
- Ziegler T. E., Sousa M. B. C. (2002). Parent-daughter relationships and social controls on fertility in female common marmosets, *Callithrix jacchus*. *Horm. Behav* 42: 356-367.
- Ziegler T.E., Savage, A., Scheffler G., Snowdon C. T. (2003). The endocrinology of puberty and reproductive functioning in female cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) under varying social conditions. *Biol Reprod* 53:364-368.

CAPÍTULO 20

The entepicondylar foramen of the humerus in Platyrrhini

Guilherme Siniciato Terra Garbino^{1,2}; Carla Cristina de Aquino^{1,2}

¹Programa de pós-graduação em Sistemática, Taxonomia Animal e Biodiversidade – Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Av. Nazaré, 481, Ipiranga, São Paulo, SP. CEP 04263-000

²Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Av. Nazaré,
481, Ipiranga, São Paulo, SP. CEP 04263-000

Abstract

Postcranial traits are rarely discussed in platyrrhine phylogenies. The entepicondylar foramen of the humerus (EEF) is consistently present in most Platyrrhini clades but its absence is also common. In this work, we reconstruct this character evolution within Platyrrhini. Our anatomical evidence is based on 172 specimens from 49 species of platyrrhines. At least one species of each genus was represented. We also compiled information from the literature. The presence of EEF is plesiomorphic in Platyrrhini, all Pitheciinae and Cebinae retain this condition. The EEF is absent in Atelidae and Callitrichinae lost it at least twice. In *Aotus*, some species have the EEF and others lack it; this character does not distinguish between the “gray-necked” and “red-necked” species. In *Callicebus*, the loss of the EEF is a synapomorphy of the clade containing the Cupreus, Moloch and Donacophilus species groups. The loss of the EEF in Atelidae relates to brachiation, convergently with Hominoidea. Its absence in marmosets is probably due to the vertical clinging habit, which requires intense forelimb abduction. Currently, we lack ecological information to hypothesize why only some *Aotus* and *Callicebus* species lost the EEF, but further studies can aid in elucidating this question.

Resumo

Caracteres pós-cranianos raramente são discutidos em filogenias de platirrinos. O forame entepicondilar do úmero (EEF) é consistentemente presente na maioria dos clados de Platyrrhini, mas sua ausência também é comum. Neste trabalho, reconstruímos a evolução desse caráter em Platyrrhini. Nossa evidência anatômica baseia-se em 172 espécimes de 49 espécies de platirrinos. Pelo menos uma espécie de cada gênero encontra-se representada. Foram também compiladas informações da literatura. A presença do EEF é plesiomórfica em Platyrrhini, todos Pitheciinae e Cebinae mantém essa condição. O EEF está ausente em Atelidae, e em Callitrichinae perdeu-se ao menos duas vezes. Em *Aotus*, algumas espécies não possuem o EEF e outras sim, não sendo útil na distinção entre as espécies de “pescoço cinza” e as de “pescoço vermelho”. Em *Callicebus*, a perda do EEF é uma sinapomorfia do clado dos grupos de espécies *Cupreus*, *Moloch* e *Donacophilus*. A perda do EEF em Atelidae relaciona-se a braquiação, de maneira convergente a Hominoidea. Sua ausência nos saguis é provavelmente devido ao posicionamento vertical, que pressupõe intensa abdução dos membros anteriores. Atualmente, não temos informações ecológicas para hipotetizar por que apenas algumas espécies *Aotus* e *Callicebus* perderam o EEF, mas novos estudos podem ajudar a elucidar essa questão.

Introduction

New world monkeys (infraorder Platyrrhini) comprehend three well-established radiations (Schneider and Rosenberger 1996): the Cebidae (including Callitrichinae, Aotinae and Cebinae), the Atelidae (including Atelinae and Alouattinae) and the Pitheciidae (including Pitheciinae and Callicebinae).

These groups are well corroborated by morphological (Rosenberger 1977; Ford 1986; Horovitz et al. 1998) and molecular (Schneider et al. 1993, 1996, 2001) phylogenies. Nevertheless, the evolution of postcranial traits is rarely discussed or included in phylogenetic analyses (but see Ford 1986, 1990; Meldrum 1993).

The entepicondylar foramen of the humerus, located at the distal portion of this bone, is traversed by the median nerve and usually also by the brachial artery (Landry 1958) (Fig. 1). Although the presence/absence of this structure may vary even intraspecifically in some species, in most Anthroidea the character is not so plastic, showing a more consistent pattern (Meldrum et al. 1990).

The presence or absence of this structure was used as a morphological character in two phylogenetic studies of platyrrhine monkeys: Rosenberger and Coimbra-Filho (1984) and Ford (1986), where this character united *Leontopithecus* with the marmosets. Only a few primatologists have noted the taxonomic significance of the entepicondylar foramen of the humerus (e.g. Hershkovitz 1977, 1990), a trait that is useful to diagnose entire subfamilies in other groups of mammals such as the Cricetidae (a family of rodents) (Carleton, 1980).

In the present work, we bring into attention this often overlooked character in the phylogeny of platyrrhines and reconstruct its evolution in the New World monkey clade.

Material & Methods

The absence (state 0) or presence (state 1) of the entepicondylar foramen of the humerus (hereafter EEF) (Fig. 1) in the various analyzed taxa was verified through literature research, mainly anato-morphological and phylogenetic works. We also analyzed 172 specimens using postcranial material deposited in museum collections (Appendix 1). All extant Platyrrhini genera are represented in the analysis.

The character was optimized on the consensual phylogenetic tree of Platyrrhini presented by Schneider and Sampaio (2013), in order to determine the plesiomorphic state for the suborder and for each of its main subgroups.

The three-family taxonomic arrangement follows Schneider and Sampaio (2013). The classification *Callicebus* into five species groups: *Cupreus*, *Donacophilus*, *Moloch*, *Personatus* and *Torquatus*, follows Kobayashi (1995).

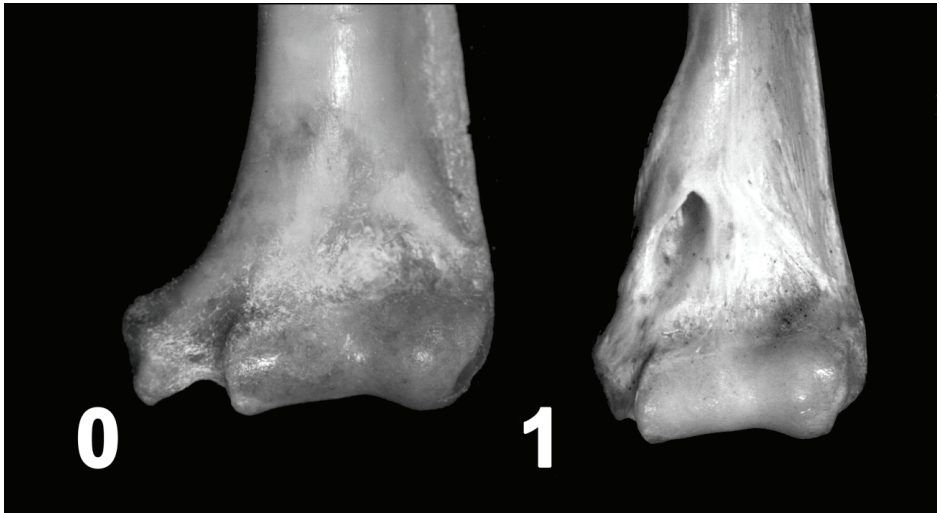


Fig 1. Entepicondylar foramen of the humerus. (0) absent (*Callithrix aurita* TX50707, non catalogued specimen of MZUSP), or (1) present (*Saguinus fuscicollis weddelli* MZUSP 7331). Magnification = 0.75 x.

Results

Platyrrhini

The EEF is present in the sister group of Anthroipoidea, the Tarsiidae, and also in early anthropoid fossils, such as the parapithecoid *Apidium*, and the basal Catarrhini superfamily Pliopithecoidae, such as *Aegyptopithecus zeuxis* (Fleagle and Simons 1978; Gebo 1993). This fact alone should indicate that EEF presence in Anthroipoidea is the plesiomorphic condition. Optimizing the character in a tree containing only the extant Platyrrhini genera, we demonstrate that state 1 (presence of EEF) is the basal condition among New World monkeys (Fig. 2).

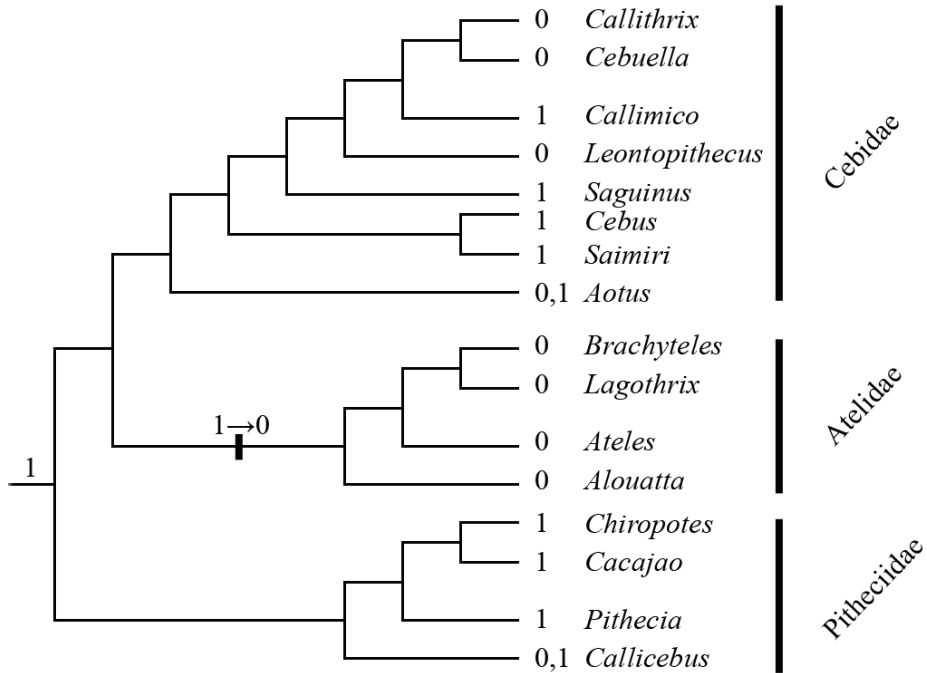


Fig. 2. Absence (0) or presence (1) of the entepicondylar foramen of the humerus in the Platyrrhine genera plotted on the phylogeny present in Schneider and Sampaio (2013). For space issues, the genera *Mico* and *Sapajus* were removed from the cladogram, but both present the same character state as their sister genera, i.e. *Cebuella* and *Cebus*, respectively.

Atelidae

By optimizing the character in the Platyrrhini tree, we could determine that absence of EEF is a synapomorphy of Atelidae (Fig. 2), this state confirmed in all extant genera of the family (Table 1; Gebo 1993). Among the extinct forms that can be unambiguously assigned to atelids and for which postcranial remains are known, i.e. *Caipora bambuorum*, *Cartelles coimbrafilhoi* and *Protopithecus brasiliensis*, EEF is also absent (Halenar & Rosenberger, 2013).

Some authors (Ford 1986; Gebo 1993) already reported the absence of EEF in atelines, but they don't discuss whether this is a synapomorphy for the group. To our knowledge, this is the first study to report this character as synapomorphic for Atelidae.

The insular species, *Paralouatta varonai*, sometimes regarded as an Atelinae (Rosenberger et al. 2008, but see Horovitz 1999; MacPhee and Horovitz 2004), has a split distribution for the character, showing a small EEF in some specimens (MacPhee and Meldrum 2006). This could indicate that the species is not an atelid, or that it has regained this character. In this sense, the morphological phylogeny of Kay (2013) constrained by a molecular “backbone”, proposed that *Paralouatta* is part of a basal group, not belonging to any of the extant Platyrrhini families.

Cebinae

In all specimens of Cebinae, the EEF is present. A fossil distal humerus attributed to *Neosaimiri fieldsi* has the EEF (Meldrum et al. 1990).

Callitrichinae

The greatest variation in the distribution of EEF character states occur in callitrichines. The EEF is absent in all three marmoset genera, *Callithrix*, *Cebuella* and *Mico*, but present in its sister group, *Callimico goeldii*. The presence of the EEF in *Callimico* has two equally parsimonious (each two step long) interpretations and we can basically assume that this change occurred at more basal nodes (Accelerated Transformation - ACCTRAN), or was more recent (Delayed Transformation - DELTRAN) (Wiley et al. 1991):

Table 1. Number of Platyrrhini humeri coded for the presence/absence of the entepicondylar foramen. For specimen information, refer to Appendix 1. The species taxonomy follows Mittermeier *et al.* (2013) and the family-level classification follows Schneider and Sampaio (2013).

	Entepicondylar foramen	
	Present	Absent
Atelidae		
Alouatta belzebul	0	3
Alouatta caraya	0	3
Alouatta fusca	0	4
Alouatta seniculus	0	4
Alouatta sp.	0	2

<i>Ateles chamek</i>	0	1
<i>Ateles marginatus</i>	0	1
<i>Ateles paniscus</i>	0	2
<i>Ateles</i> sp.	0	2
<i>Brachyteles arachnoides</i>	0	2
<i>Lagothrix lagotricha</i>	0	5
Cebidae		
Cebinae		
<i>Cebus albifrons</i>	1	0
<i>Saimiri ustus</i>	4	0
<i>Saimiri sciureus sciureus</i>	8	0
<i>Saimiri vanzolinii</i>	1	0
<i>Sapajus apella</i>	10	0
<i>Sapajus cay</i>	1	0
<i>Sapajus libidinosus</i>	1	0
<i>Sapajus nigritus</i>	5	0
<i>Sapajus</i> sp.	2	0
Callitrichinae		
<i>Callimico goeldii</i>	3	0
<i>Callithrix geoffroyi</i>	0	4
<i>Callithrix aurita</i>	0	2
<i>Callithrix penicillata</i>	0	5
<i>Cebuella pygmaea</i>	0	10
<i>Leontopithecus caissara</i>	0	1
<i>Leontopithecus chrysomelas</i>	0	2
<i>Mico humeralifer</i>	0	3
<i>Mico humilis</i>	0	3
<i>Mico rondoni</i>	0	4
<i>Mico saterei</i>	0	3
<i>Saguinus weddelli weddelli</i>	6	0
<i>Saguinus imperator imperator</i>	0	2
<i>Saguinus labiatus labiatus</i>	4	1
<i>Saguinus martinsi ochraceous</i>	1	0
<i>Saguinus midas</i>	3	0
<i>Saguinus mystax pileatus</i>	1	0
<i>Saguinus niger</i>	1	0
Aotinae		

Aotus trivirgatus	6	0
Aotus infulatus	1	0
Pitheciidae		
Pitheciinae		
Cacajao c. calvus	1	0
Cacajao melanocephalus	2	0
Chiropotes albinasus	4	0
Chiropotes satanas	3	0
<i>Chiropotes</i> sp.	1	0
Pithecia i. irrorata	2	0
Callicebinae		
<i>Callicebus dubius</i> (Cupreus group)	0	6
<i>Callicebus moloch</i> (Moloch group)	0	6
<i>Callicebus hoffmanni</i> (Moloch group)	0	1
<i>Callicebus vieirai</i> (Moloch group)	0	4
<i>Callicebus barbarabrownae</i> (Personatus group)	3	0
<i>Callicebus coimbrai</i> (Personatus group)	5	0
<i>Callicebus nigrifrons</i> (Personatus group)	6	0
Total	86	86

(1) ACCTTRAN: the EEF was lost in the ancestor of the (*Leontopithecus* (*Callimico*+marmosets)) clade and *Callimico goeldii* independently regained this character, in the same way it “regained” third molars and a P² protocone (Porter and Garber 2004).

(2) DELTRAN: the EEF was independently lost in the *Leontopithecus* clade and in the marmoset clade. *Callimico goeldii* retained the plesiomorphic condition of having the EEF.

Among the diverse tamarin genus *Saguinus*, EEF shows a split distribution in some species. In, *Saguinus oedipus*, a species of the large-bodied clade (*sensu* Araripe et al. 2008), the foramen was absent in 33% of the analyzed sample (n = 12) (Gebo 1993). The EEF was present in the three analyzed specimens of *Saguinus midas*, a large bodied species, in this study.

In the moustached *Saguinus imperator*, Gebo (1993) found the absence of EEF in 80 % of the sample (n = 5), while in this work we found the EEF lacking

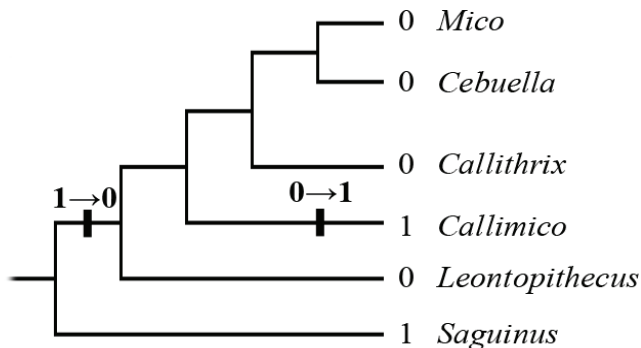
in the two analyzed skeletons. Six skeletons of the small-bodied *Saguinus weddelli weddelli* were available to us, in the sample, every specimen has the EEF. From the available phylogenies of the genus (Araripe et al. 2008; Matauschek et al. 2011), we assume that tamarins lost EEF multiple times.

Aotinae

We analyzed specimens of *Aotus trivirgatus* ($n = 6$) and *A. infulatus* ($n = 1$). In those, the EEF was present. Gebo (1993), found the EEF present in 83% of his *A. trivirgatus* sample ($n = 21$). According to Hershkovitz (1990), *A. azarae* has the EEF and *A. griseimembra* lacks the structure. A humerus attributed to *A. trivirgatus* pictured in Meldrum (1993) lacks the EEF. Shoshani et al. (1996) also remark that this character varies in *Aotus*.

Hershkovitz (1983) proposed the division of *Aotus* into two species groups: the “gray-necked” (with most species occurring north of the Solimões-Amazonas river) and the “red-necked” (with most species occurring south of the Solimões-Amazonas river) group. On the other hand, Menezes *et al.* (2010) against Hershkovitz (1983) proposed that the “red-necked” and “gray-necked” groups are not monophyletic. More recently, congruently with Hershkovitz (1983), Babb *et al.* (2011) identified two main clades, a southern one, composed exclusively of red-necked species, and a northern one composed of gray-necked and a single red-necked species (*sensu* Hershkovitz, 1983), *Aotus nancymaeae*.

(a)



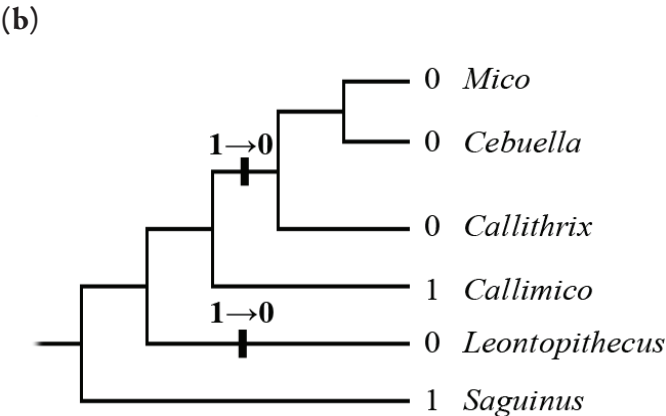


Fig. 3. Absence (0) or presence (1) of the entepicondylar foramen of the humerus plotted in the Callitrichinae tree. Note that there are two most parsimonious possibilities for the evolution of this character: (a) ACCTRAN or (b) DELTRAN.

The lack of consensual classifications of *Aotus* is thus evident (Table 2).

We suggest, considering the variation between the members of the same species, *A. trivirgatus*, that the presence/absence of the EEF seems not be not a useful character to discriminate between the “gray-necked” and “red-necked” species groups as defined by Hershkovitz (1983). On the other hand, the other species with the EEF condition known (*A. azarae*, *A. infulatus* and *A. griseimembra*) indicate the absence of the foramen in the “gray-neck” species and the presence in the “red-neck” ones (Table 2).

Table 2. Species of the “gray-” and “red-necked” groups of *Aotus* according Hershkovitz (1983), Menezes *et al.* (2010) and Babb *et al.* (2011). The EEF (entepicondylar foramen) column shows this character condition for the known species.

Hershkovitz (1983)	Menezes <i>et al.</i> (2010)	Babb <i>et al.</i> (2011)	EEF
Gray-neck	Gray-neck	Gray-neck	
<i>A. lemurinus lemurinus</i>	<i>A. lemurinus</i>	<i>A. lemurinus</i>	?
<i>A. l. griseimembra</i>	<i>A. griseimembra</i>	<i>A. l. griseimembra</i>	Absent
<i>A. vociferans</i>	<i>A. vociferans</i>		
<i>A. trivirgatus</i>	<i>A. trivirgatus</i>	<i>A. trivirgatus</i>	Absent, Present

A. brumbacki

Red-neck	Red-neck		
<i>A. nancymai</i>	<i>A. nancymaae</i>	<i>A. nancymaae</i>	?
		Red-neck	
<i>A. miconax</i>			
<i>A. nigriceps</i>	<i>A. nigriceps</i>		
<i>A. infulatus</i>	<i>A. infulatus</i>	<i>A. azarai infulatus</i>	Present
<i>A. azarae azarae</i>		<i>A. a. azarai</i>	Present
<i>A. a. boliviensis</i>	<i>A. azarae boliviensis</i>	<i>A. a. boliviensis</i>	?

Until we have a clear picture of the owl monkey phylogeny and more post-cranial material collected, it is not possible to know if the ancestral condition of the character in the Aotinae. However, the fact that it is present in its sister group, the Cebinae+Callitrichinae clade, strongly indicates that the basal condition in owl monkeys is to have the EEF.

Pitheciinae

In the three genera of Pitheciinae, *Cacajao*, *Chiropotes* and *Pithecia*, the EEF is present. The fossil pitheciine *Cebupithecia sarmientoi* has the EEF (Meldrum 1993).

Callicebinae

The presence/absence of EEF varies among the thirty-so species of *Callicebus*. Although Ford (1986) coded this character as “absent” in the genus, we could find that it is consistently present in the “Personatus” species group and, based on Hershkovitz (1990) and Gebo (1993) in the “Torquatus” species group. In the analyzed sample of “Cupreus” and “Moloch” species group, the EEF is absent. From Hershkovitz (1990) and Gebo (1993), the foramen is absent in the “Donacophilus” group of species.

From the basal position of the “Personatus” and “Torquatus” species group, when compared to the “Cupreus”, “Moloch” and “Donacophilus” groups

(Springer et al. 2012; Aristide et al. 2013), we trace the presence of EEF as a plesiomorphic character in *Callicebus*. The derived condition, in the genus, is the absence of EEF, which may be a morphological synapomorphy uniting the Cupreus, Moloch and Donacophilus species group (Fig 4).

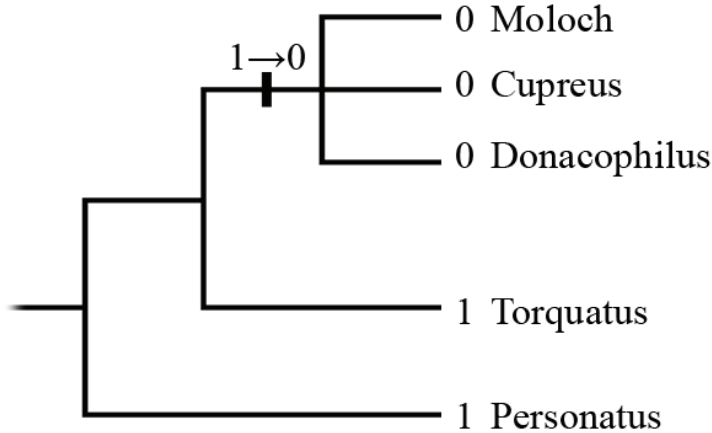


Fig. 4. Absence (0) or presence (1) of the entepicondylar foramen of the humerus (EEF) plotted in the cladogram representing the relationships among the species groups of *Callicebus* (based on Aristide et al. 2013). In this study, the loss of the EEF is treated as a synapomorphy for the (Moloch+Cupreus+Donacophilus) clade.

The extinct Jamaican monkey, *Xenothrix mcgregori*, more closely related to *Callicebus* than the extant Pitheciinae (Rosenberger 1977; Horovitz 1999), had the EEF (MacPhee and Meldrum 2006).

Discussion

Before any adaptationist inquiry regarding the function of the EEF or some adaptive advantage over its disappearance is attempted, we emphasize that the presence of a certain structure does not always mean that there is a function allied to it (see Gould and Lewontin 1979). Secondly, the absence of the bony structure delimiting the foramen does not necessarily mean the foramen is functionally absent, since in many cases a ligamentous structure or a thin bony bar are present and connect the humerus to the medial epicondyle (Landry 1958).

We consider the absence of EEF in Atelidae to be one of the many brachiation-related features that are present convergently in the Old World brachiators Hylobatidae, such as reduced number of lumbar vertebrae (five or fewer), high intermembral index and reduced thumb (Horovitz et al. 1998).

Among Callitrichinae, the EEF is absent in all the 20 species of marmosets (genera *Callithrix*, *Cebuella* and *Mico*) and four *Leontopithecus*. The marmoset clade is where forelimb abduction reaches its extreme among callitrichines, since marmosets spend a considerable amount of time in the vertical-clinging posture (Garber 1992).

The absence of EEF in lion tamarins (*Leontopithecus*) may reflect changes related to its manipulative foraging behavior, which requires intense and precise forelimb movements. However, as the character optimization in the callitrichine tree suggests, the loss of EEF may be a basal condition in the clade (*Leontopithecus*(*Callimico* + marmosets)), that was reverted in *Callimico goeldii*, which regained the foramen (Fig. 3). It is unclear if there is some adaptive significance in the EEF being absent in some species of *Saguinus*.

The most parsimonious explanation for the presence of EEF in cebines (*Cebus*, *Saimiri* and *Sapajus*) and pitheciines (*Cacajao*, *Chiropotes* and *Pithecia*) is that these taxa maintain the basal condition present in the ancestral Platyrrhini.

In *Aotus* and *Callicebus*, the absence of the EEF in some species, and its consistent presence in others, may reflect an adaptive value for this character. Further studies, that will bring to light the ecological differences between the species of these two diverse genera, will allow for the formulation of hypotheses involving the loss of the EEF in the species of the group.

Acknowledgements

We are most grateful to our supervisor Dr. Mario de Vivo, and to the curators and staff of all visited collections. An anonymous referee provided very helpful comments and suggestions. Both authors received grants from CAPES.

References

- Araripe, J.; Tagliaro, C.H.; Rego, P.S.; Sampaio, I.; Ferrari, S.F. & Schneider, H. 2008. Molecular phylogenetics of large-bodied tamarins, *Saguinus* spp. (Primates, Platyrrhini). *Zoologica Scripta* 37(5): 461-467.
- Aristide, L.; Rosenberger, A.L.; Tejedor, M. F.; & Perez, S. I. 2013. Modeling lineage and phenotypic diversification in the New World monkey (Platyrrhini, Primates) radiation. *Molecular phylogenetics and evolution*. In Press.
- Babb, P.L.; Fernandez-Duque, E.; Baiduc, C.; Gagneux, P.; Evans, S.; Schurr, T.G. 2011. MtDNA diversity in Azara's owl monkeys (*Aotus azarai azarai*) of the Argentinean Chaco. *American Journal of Physical Anthropology* 146(2): 209-224.
- Carleton, M.D. 1980. Phylogenetic relationships in Neotomine-Peromyscine rodents (Muroidea) and a reappraisal of the dichotomy within New World Cricetinae. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan* 157: 1-146.
- Ford, S.M. 1986. Systematics of the New World Monkeys. In: Swindler, D.R. & Erwin, J. (Eds.) *Comparative Primate Biology Volume 1: Systematics, Evolution and Anatomy*. Alan R. Liss, Inc, New York. pp. 73-135.
- Ford, S.M. 1990. Locomotor adaptations of fossil platyrrhines. *Journal of Human Evolution* 19(1): 141-173.
- Fleagle, J.G. & Simons, E.L. 1982. The humerus of *Aegyptopithecus zeuxis*: a primitive anthropoid. *American Journal of Physical Anthropology* 59(2): 175-193.
- Garber, P.A. 1992. Vertical clinging, small body size, and the evolution of feeding adaptations in the Callitrichinae. *American Journal of Physical Anthropology* 88(4): 469-482.
- Gebo, D.L. 1993. Postcranial anatomy and locomotor adaptation in early African Anthropoids. In: Gebo, D.L. (Ed.) *Postcranial Adaptations in Nonhuman Primates*. Northern Illinois University, DeKalb. pp. 220-234.
- Gould, S.J. & Lewontin, R.C. 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 205(1161): 581-598.
- Halenar, L.B. & Rosenberger, A.L. 2013. A closer look at the "Protopithecus" fossil assemblages: new genus and species from Bahia, Brazil. *Journal of Human Evolution* 65: 374-390.
- Hershkovitz, P. 1977. *Living New World monkeys (Platyrrhini) with an introduction to Primates*, Vol. 1. Chicago University Press, Chicago. 1117 p.

- Hershkovitz, P. 1983. Two new species of night monkeys, genus *Aotus* (Cebidae, Platyrrhini): a preliminary report on *Aotus* taxonomy. *American Journal of Primatology* 4(3): 209-243.
- Hershkovitz, P. 1990. Titis, New World monkeys of the genus *Callicebus* (Cebidae, Platyrrhini): A Preliminary Taxonomic Review. *Fieldiana Zoology* 55: 1-109.
- Horovitz, I. 1999. A phylogenetic study of living and fossil platyrrhines. *American Museum Novitates* 3269: 1-40.
- Horovitz, I.; Zardoya, R. & Meyer, A. 1998. Platyrrhine Systematics: A Simultaneous Analysis of Molecular and Morphological Data. *American Journal of Physical Anthropology* 106: 261-281.
- Kay, R.F. 2013. Biogeography in deep time – What do phylogenetics, geology, and paleoclimate tell us about early platyrrhine evolution? *Molecular Phylogenetics and Evolution* 82: 358-374.
- Kobayashi, S. 1995. A phylogenetic study of titi monkeys, genus *Callicebus*, based on cranial measurements: I. Phyletic groups of *Callicebus*. *Primates* 36(1): 101-120.
- Landry, S.O. 1958. The Function of the entepicondylar foramen in mammals. *American Midland Naturalist* 60(1): 100-112.
- MacPhee, R.D.E. & Meldrum, J. 1993. Postcranial Remains of the Extinct Monkeys of the Greater Antilles, with Evidence for Semiterrestriality in *Paralouatta* 1. *American Museum Novitates* 3516: 1-65.
- MacPhee, R.D.E. & Horovitz, I. 2004. New Craniodental Remains of the Quaternary Jamaican Monkey *Xenothrix mcgregori* (Xenotrichini, Callicebinae, Pitheciidae), with a Reconsideration of the *Aotus* Hypothesis. *American Museum Novitates* 3434: 1-51.
- Matauschek, C.; Roos, C. & Heymann, E.W. 2011. Mitochondrial phylogeny of Tamarins (*Saguinus*, Hoffmannsegg 1807) with taxonomic and biogeographic implications for the *S. nigricollis* species group. *American Journal of Physical Anthropology* 144: 564-574.
- Meldrum, J. 1993. Postcranial adaptations and positional behavior in fossil platyrrhines. In: Gebo, D.L. (Ed.) *Postcranial Adaptations in Nonhuman Primates*. Northern Illinois University, DeKalb. pp. 235–251.
- Meldrum, D.J.; Fleagle, J.G. & Kay, R.F. 1990. Partial humeri of two Miocene Colombian primates. *American journal of physical anthropology* 81(3): 413-422
- Menezes, A.N.; Bonvicino, C.R.; Seuanez, H.N. 2010 Identification, classification and evolution of owl monkeys (*Aotus*, Illiger 1811). *BMC Evolutionary Biology* 10: 248.

- Mittermeier, R.A.; Wilson, D.E. & Rylands, A.B. (eds.) 2013. Handbook of the Mammals of the World, Vol. 3. Primates. Lynx Edicions, Barcelona. 951 p.
- Porter, L.M. & Garber, P.A. 2004. Goeldi's monkeys: A primate paradox? *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 13(3): 104-115
- Rosenberger, A.L. 1977. Xenothrix and ceboid Phylogeny. *Journal of Human Evolution*, 6, 461-481.
- Rosenberger, A.L. & Coimbra-Filho, A.F. 1984. Morphology, taxonomic status and affinities of the lion tamarins, *Leontopithecus* (Callitrichinae, Cebidae). *Folia Primatologica* 42(3/4): 149-179.
- Rosenberger, A.; Halenar, L.; Cooke, S.; & Hartwig, W. 2008. Morphology and evolution of the spider monkey, genus *Ateles*. In: Campbell, C.J. (Ed.) Spider monkeys: behaviour, ecology and evolution of the genus *Ateles*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 19-49.
- Schneider, H. & Sampaio, I. 2013. The systematics and evolution of New World primates—A review. *Molecular phylogenetics and evolution*. *In press*.
- Schneider, H.; Sampaio, I.; Harada, M.L.; Barroso, C.M.L.; Schneider, M.P.C.; Czelusniak, J. & Goodman, M. 1996. Molecular phylogeny of the new world monkeys (Platyrrhini, Primates) based on two unlinked nuclear genes: IRBP intron 1 and ϵ -globin sequences. *American Journal of Physical Anthropology* 100: 153-179.
- Schneider, H.; Schneider, M.P.C.; Sampaio, I.; Harada, M.L.; Stanhopes, M.; Czelusniak, J. & Goodman, M. 1993. Molecular phylogeny of the New World monkeys (Platyrrhini, Primates). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 2(3): 225-242.
- Schneider, H. & Rosenberger A.L. 1996. Molecules, morphology, and platyrrhine systematic. In: Norconk, M.A.; Rosenberger, A.L.; Garber, P.A. (Eds.) Adaptive Radiations of Neotropical Primates. Plenum Press, New York. pp. 3-19.
- Shoshani J.; Groves, C.P.; Simons, E.L. & Gunnell, G. F. 1996. Primate phylogeny: morphological vs molecular results. *Molecular phylogenetics and evolution* 5(1), 102-154.
- Wiley, E.O.; Siegel-Causey, D.; Brooks, D.R. & Funk, V. (1991). *The complete cladist: A primer of phylogenetic procedures* (Vol. 19). Lawrence, Kansas: Museum of Natural History, University of Kansas. 158 p.

Appendix 1. Examined material

The material is deposited in the following Brazilian collections, listed by their acronyms: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP (ESALQ) in Piracicaba, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) in Manaus, Museu Nacional do Rio de Janeiro (MN) in Rio de Janeiro, Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) in Belém, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) in São Paulo.

ATELIDAE: *Alouatta belzebul* (3): MZUSP 25450-448, 19119; *Alouatta caraya* (3): MZUSP 19006, 7787, 28548; *Alouatta fusca* (4): MZUSP 8906-07-08, 19532; *Alouatta seniculus* (4): 19082-84-85, 7333; *Alouatta* sp. (2): MZUSP 19063, 9841; *Ateles chamek* (1): 18955; *Ateles marginatus* (1): MZUSP 19543; *Ateles paniscus* (2): MZUSP 31982, 32500; *Ateles* sp. (1): MZUSP 7160; *Brachyteles arachnoides* (2): MZUSP 19362-63; *Lagothrix lagothricha* (5): MZUSP 8644, 9612, 19702, 19674, 32497.

CEBIDAE:AOTINAE *Aotus trivirgatus* (6): MZUSP 11236, 11506-10-11-32, 25439; *Aotus infulatus* (1): MZUSP 8218.

CEBIDAE:CALLITRICHINAE *Callimico goeldii* (3): MZUSP 32105, “98macho”, “99macho”; *Callithrix aurita* (2): MN 23741, MZUSP “TX50707”; *Callithrix geoffroyi* (4): MN 5629, 43931-32-33; *Callithrix penicillata* (5): MN 73463, MZUSP 11283-84, 11288, 28534; *Cebuella pygmaea* (8): INPA 705, 4119, 4273, MPEG 12584, MZUSP 11370-71, 11763, 11466-67-68; *Leontopithecus caissara* (1): MZUSP “TX080046”; *Leontopithecus chrysomelas* (2): MZUSP 19816, 32487; *Mico humeralifer* (3): INPA 4018, MPEG 38504, MZUSP 18866; *Mico humilis* (3): INPA 4090-91, MPEG 24769; *Mico rondoni* (4): MPEG 21893, 21888; MZUSP 20142, “CCA3421”; *Mico saterei* (3): INPA 4103, MZUSP 23956-61; *Saguinus weddelli weddelli* (6): MZUSP 7325-27-28, 18952, 18953, “098macho”; *Saguinus imperator imperator* (2): MZUSP 11238-39; *Saguinus labiatus labiatus* (5): MZUSP 7315-17-18-20-22; *Saguinus martinsi ochraceous* (1): MZUSP 11345; *Saguinus midas* (3): MZUSP 11336-43-44; *Saguinus mystax pileatus* (1): MZUSP 11372; *Saguinus niger* (1): MZUSP 25447;

CEBIDAE: CEBINAE *Cebus albifrons* (1): MZUSP 11241; *Sapajus apella* (10): MZUSP 25446-53, 25451-52, 19645, 19615-16, 20140, 20059, 22794; *Sapajus cay* (1): MZUSP 28718; *Sapajus nigritus* (5): ESALQ 239; MZUSP 19620-21-22, 2863; *Sapajus libidinosus* (1): MZUSP 9999; *Sapajus* sp. (2): MZUSP 32285, 19651; *Saimiri sciureus sciureus* (8): MZUSP 19703, 19133-34, 23927, 25435-36-37-38; *Saimiri ustus* (2): MZUSP 19717-18-19, 19023; *Saimiri vanzolinii* (1): MZUSP 15475.

PITHECIIDAE: PITHECIINAE: *Cacajao calvus calvus* (1): MZUSP 17542; *Cacajao melanocephalus* (2): MZUSP 9421, 12883; *Chiropotes albinasus* (4): MZUSP 19654-55-56-59; *Chiropotes satanas* (2): MZUSP 21324, 23925-26; *Chiropotes* sp. (1): MZUSP 20185; *Pithecia irrorata* (2): MZUSP 18962, 20061.

PITHECIIDAE: CALLICEBINAE: *Callicebus barbarbrownae* (3): MZUSP 35258-59-60; *Callicebus coimbrai* (5): MZUSP 35261-62, MN 30550, UFS 2 specimens without catalogue numbers; *Callicebus dubius* (6): MZUSP 11238, 32102-07-08, (+ 2 specimens without catalogue numbers); *Callicebus moloch* (6): MZUSP 18956, 20053-55-58, 25444-45; *Callicebus hoffmannsi* (1): MZUSP 19534; *Callicebus nigrifrons* (6) MZUSP 32492, PUC-MG 3005-06-07-08, (+1 uncatalogued specimen from Itatiba ZOO); *Callicebus vieirai* (4): MZUSP 25441-42-43, 34663

CAPÍTULO 21

Descrição anatômica comparativa das artérias da perna de *Sapajus libidinosus*

Tainá de Abreu^{1,2}, Roqueline A. G. M. F. Aversi-Ferreira^{1,2}, Carlos A. B. Tomaz³, Maria Clotilde H. Tavares³, Tales A. Aversi-Ferreira¹

¹Laboratório de Antropologia, Bioquímica, Neurociência e Comportamento de Primatas (LABINECOP), Universidade Federal do Tocantins, Avenida NS ALC NO 14 109 15 Norte, 77001-090 Palmas, TO, Brasil.

²Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, 70910-900 Brasília, DF, Brasil.

³Departamento de Fisiologia, Laboratório de Neurociência e Comportamento, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, 70910-900 Brasília, DF, Brasil.

Autor correspondente: Tainá de Abreu. E-mail: tainaabreu@uft.edu.br

Abstract

Sapajus, a new world primate, has demonstrated high cognitive and manipulatory behavior, as well intermittent bipedalism and additionally and because those, muscles function and bones has been mostly investigated. However, the arterial system that supports muscles was not studied recently; as well as a detailed description of the blood vessels of the leg are still missing, because those reasons, the vessels of *Sapajus libidinosus* were investigated this work. The arterial patterns observed in the bearded capuchins are mostly similar to the description of baboons and *Cebus* than chimpanzee and modern humans, probably because the first ones share tails, identical body shape and quadruped movement.

Index terms: comparative anatomy, vessels, neotropical primates, capuchin monkey.

Resumo

Os *Sapajus*, um primata do Novo Mundo, tem demonstrado alto comportamento cognitivo e manipulatório, bem como bipedalismo intermitente e além disso e por isso, as funções musculares e os ossos tem sido amplamente investigados. Entretanto, não há estudos recentes sobre o sistema arterial que suprema os músculos; bem como ainda faltam descrições detalhadas sobre os vasos sanguíneos da perna, por esses motivos os vasos de *Sapajus libidinosus* foram investigados nesse trabalho. O padrão arterial observado em macacos-prego é mais semelhante ao descrito para babuínos e *Cebus*, do que chimpanzés e humanos modernos, provavelmente porque os primeiros possuem cauda, idênticas formas corporais e locomoção quadrupedal.

Palavras-chave: anatomia comparativa, vasos, primata neotropical, macaco-prego.

INTRODUÇÃO

Os *Sapajus* são popularmente conhecidos como macacos-prego devido à forma de sua genitália externa (FRAGASZY *et al.* 2004). Recentemente tiveram o nome de seu gênero alterado de acordo com análises morfológicas, comportamentais, moleculares e principalmente na distribuição geográfica (ALFARO *et al.* 2012), na medida em que anteriormente eram chamados de *Cebus*. São animais de grande flexibilidade comportamental e que se adaptam bem aos diversos ambientes permitindo uma ampla distribuição geográfica nas florestas tropicais e subtropicais (FRAGASZY *et al.* 2004).

Apesar de serem primatas do Novo Mundo, *Sapajus* demonstram expressivas habilidades cognitivas no uso de ferramentas e de memória (ANTINUCCI & VISALBERGHI 1986, WESTERGAARD & FRAGASZI 1987, GARBER 1987, COSTELLO & FRAGASZI 1988, BRESEIDA & OTTONI 2001, RESENDE & OTTONI 2002, TAVARES & TOMAZ 2002, LIMA *et al.* 2003, WAGA *et al.* 2006, SPAGNOLETTI *et al.* 2011) e apresentam um particular comportamento de bipedalismo intermitente (OTTONI & IZAR 2008, DEMES 2011).

Em termos anatômicos, os estudos sobre *Sapajus* necessitam ser melhor detalhados, na maioria dos casos. Alguns dos trabalhos disponíveis são sobre anatomia do membro torácico (AVERSI-FERREIRA *et al.* 2005a, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2005b, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2006, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2007a, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2007b, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2007c, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2010, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2011a, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2013), sobre o membro pélvico (AVERSI-FERREIRA *et al.* 2011b, AVERSI-FERREIRA *et al.* 2013) e neuroanatomia (WATANABE, 1982; WATANABE & MADEIRA, 1982, BORGES *et al.* 2010, PEREIRA-DE-PAULA *et al.* 2010). De fato, alguns sistemas anatômicos de *Sapajus* não são contemplados na literatura e, os que estão presentes precisam de um maior aprofundamento, como o caso dos vasos sanguíneos. Estudos sobre as artérias de *Cebus* foram realizados anteriormente (MANNERS-SMITH 1910, MANNERS-SMITH 1912) considerando os membros torácicos e pélvicos, no entanto, um estudo comparativo geral feito recentemente, demonstrou algumas diferenças em relação a origem, distribuição e denominação das artérias do membro pélvico entre *Cebus* e *Sapajus* (AVERSI-FERREIRA *et al.* 2013).

Uma descrição anatômica detalhada do padrão vascular tanto de um órgão quanto de uma região anatômica, apesar dos vasos serem estruturas muito variáveis (MATA *et al.* 2012), é importante para as práticas clínicas e cirúrgicas, e também para compreender, mesmo que de modo menos direto, as estruturas que permitem o comportamento locomotor como o bipedalismo (AVERSI-FERREIRA *et al.* 2013).

Hipoteticamente, as artérias de *Sapajus* devem ser mais similares aos primatas que possuem comportamento de locomoção do tipo quadrúpede, pois possuem em comum o formato corporal. Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar a anatomia das artérias da perna de *Sapajus libidinosus* e compará-las com a de humanos (bípedes), chimpanzés (que apresentam um amplo comportamento locomotor bípede) e babuínos (com comportamento locomotor quadrúpede).

Materiais e Métodos

O presente estudo foi previamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CoEP-UFG 81/2008, autorização do SISBIO 15275). Para a realização deste trabalho foram utilizados 05 (cinco) espécimes de *Sapajus libidinosus*, que pesavam de 1-4 Kg, três destes animais foram doados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), provenientes da cidade de Sete Lagoas, no estado de Minas Gerais em 1970, e estavam acondicionados no Laboratório de Antropologia, Bioquímica Neurociências e Comportamento de Primatas (LABINECOP) da Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, e dois animais foram encontrados mortos em seu habitat

.Para fins de fixação dos tecidos foi feita a perfusão na artéria femoral contendo solução de formaldeído 10% e glicerina a 5%. Em seguida, as peças anatómicas foram acondicionadas em cubas opacas e cobertas contendo solução de formaldeído 10% para a conservação.

Na dissecação, primeiramente foi feita a tricotomia na perna. Após esse procedimento, realizou-se sua dissecação com tesouras ponta romba-fina e fina-fina, pinças anatômicas de 10 a 15 cm, pinça *Cushing* curva, bisturi (cabo nº 4) e lâminas (nº23).

Para a retirada da pele foi feita uma incisão rasa com bisturi e depois aprofundou-se até chegar à interface da derme com o tecido subcutâneo. Em seguida, com uma pinça dente de rato, segurou-se a extremidade da pele rebatendo-a até que o tecido conjuntivo fosse visualizado. Utilizando o bisturi com a lâmina voltada para a pele foi-se deslizando cuidadosamente pelo tecido conjuntivo até conseguir liberar toda a pele da perna. Para separar os músculos utilizou-se a pinça *Cushing* curva e as tesouras. A dissecação foi realizada evidenciando os vasos.

Após a dissecação, a trajetória dos principais vasos da perna foram descritos. A denominação das estruturas foi baseada na descrição de humanos (STANDRING *et al.* 2008) e de outros primatas como os do gênero *Pan* e *Papio*, ao qual pertencem os chimpanzés e os babuínos, respectivamente (SWINDLER & WOOD 1973). Sempre que possível, e por analogia, os vasos

receberam os mesmos nomes daqueles descritos para humanos e de outros primatas outrora estudados. Os resultados foram registrados com câmera digital da marca Nikon D80, lente 18-135mm.

Resultados

As artérias que vascularizam a perna são oriundas de ramificações que ocorrem no final do terço distal da coxa e da fossa poplíteia. Desse modo, a artéria femoral se ramifica em poplíteia e safena (Figuras 1 e 4). A artéria safena vasculariza principalmente os músculos do pé e a artéria poplíteia gera a artéria tibial comum e a artéria fibular, que vascularizam a região anterior e posterior, respectivamente.

No terço proximal da perna e profundamente à cabeça medial do músculo gastrocnêmio, a artéria tibial comum se ramifica em artérias tibial anterior e tibial posterior. A artéria tibial anterior (Figura 2) segue da região posterior para a região anterior da perna contornando a tíbia pela face interóssea e atravessa a membrana interóssea para ganhar a porção ântero-lateral da perna. Na região anterior e proximal da perna a trajetória dessa artéria se dá profundamente ao músculo extensor longo dos dedos, e segue paralela e medialmente ao nervo fibular profundo. A artéria tibial anterior termina em ramos vasculares no final do terço médio da perna. Os músculos vascularizados são: extensor longo dos dedos, tibial anterior, abdutor longo do hálux, fibular longo, fibular curto e fibular terceiro.



Figura 1: Vista da face medial da perna esquerda de *Sapajus libidinosus*. 1- artéria femoral; 2- artéria safena; 3 a 5- ramos anterior, intermédio e posterior da artéria safena, respectivamente.

A artéria tibial posterior (Figuras 2 e 3) procede da divisão da artéria tibial comum. Percorre o terço proximal da perna na face anterior do músculo flexor fibular dos dedos. Na metade do terço proximal, a artéria tibial posterior sofre duas ramificações. Uma das ramificações continua na região posterior da perna e vasculariza os músculos desse compartimento, tais como flexor fibular dos dedos, flexor tibial dos dedos e tibial

posterior. O outro ramo da artéria tibial posterior penetra a membrana interóssea, pela margem interóssea da fíbula, e continua a trajetória pela região anterior da perna (Figura 2), paralela e medial à artéria tibial anterior. Os músculos extensores profundos da região anterior da perna são vascularizados por este ramo.

Oriunda da artéria poplítea, a artéria fibular (Figura 2) possui toda a trajetória na região posterior da perna. Inicialmente, essa artéria se encontra profundamente ao músculo gastrocnêmio. No terço proximal emite três ramos, sendo dois musculares e um que descende à perna. Dos ramos musculares, um se encontra entre o músculo plantar e a cabeça lateral do músculo gastrocnêmio e alcança a face posterior do músculo sóleo. O outro ramo muscular vasculariza a cabeça medial do músculo gastrocnêmio. O terceiro ramo continua na perna na face posterior do músculo gastrocnêmio, portanto, se encontra superficialmente. Até o terço médio da perna, a artéria fibular segue entre as duas cabeças do músculo gastrocnêmio. Em seguida, a artéria se curva lateralmente e termina o trajeto no pé. Durante toda a trajetória, a artéria fibular acompanha o nervo cutâneo sural medial.



Figura 2: Vista: medial da perna esquerda de *Sapajus libidinosus*. 1- tibia; 2- artéria tibial comum; 3- artéria tibial anterior; 4- nervo tibial; 5- nervo fibular; 6- músculo flexor fibular dos dedos; 7- músculo gastrocnêmio; seta- artéria tibial posterior.

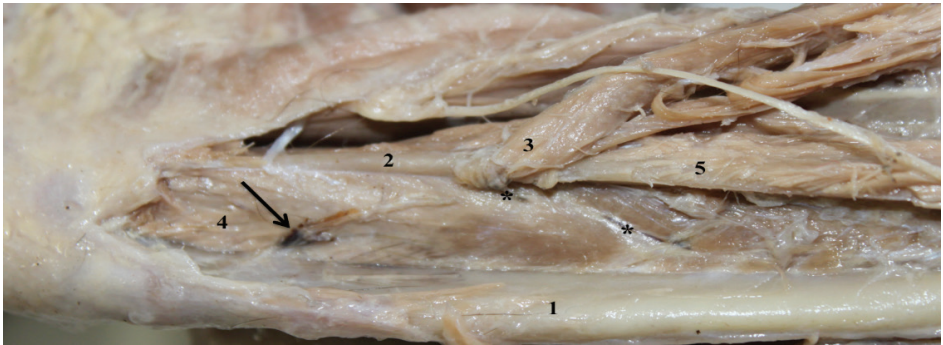


Figura 3: Vista Antero-lateral da perna direita de *Sapajus libidinosus*. 1- tibia; 2- fibula; 3- músculo fibular curto; 4- origem do músculo tibial anterior; 5- músculo fibular longo; seta- artéria tibial anterior; * - ramo anterior da artéria tibial posterior.

A artéria safena (Figura 1 e 4) se origina de uma das ramificações da artéria femoral. Na perna, a maior parte de sua trajetória é superficial e situa-se na região medial. No terço proximal a artéria safena se divide em dois ramos principais, o ramo anterior e o ramo posterior.

Figura 4: Vista da face medial da perna direita de *Sapajus libidinosus*. 1 e 2 - ramos posterior e intermédio da artéria safena; * - ramo anterior da artéria safena.

intermédio. O ramo anterior segue na face medial da tíbia até o terço médio subsequente, no terço distal torna-se profunda e dirige-se do compartimento medial para o compartimento anterior e por fim, se encontra profundamente ao músculo tibial anterior. No final do terço distal segue paralelamente e medial ao nervo fibular profundo e ambos passam profundamente ao retináculo dos extensores.

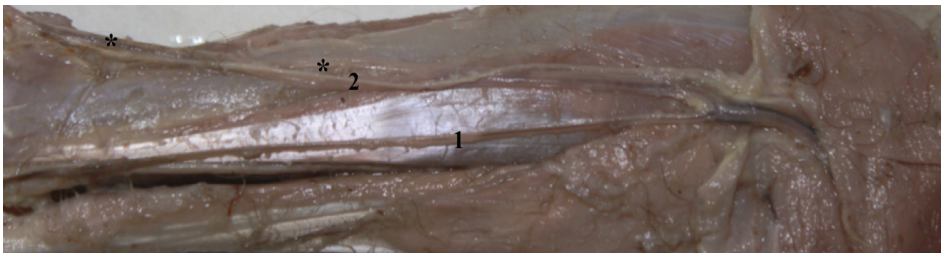


Figura 4: Vista da face medial da perna direita de *Sapajus libidinosus*. 1 e 2 - ramos posterior e intermédio da artéria safena; * - ramo anterior da artéria safena.

O ramo intermédio da artéria safena segue paralela ao ramo anterior até o terço distal da perna. Enquanto a segunda se torna profunda, a primeira continua o trajeto superficialmente até o final da perna. O ramo intermédio passa superficialmente ao retináculo dos extensores e segue em direção à região dorsal do pé. Durante o trajeto, emite pequenos ramos para a musculatura adjacente.

No terço proximal da perna, o ramo posterior da artéria safena se encontra adjacente à borda medial da cabeça medial do músculo gastrocnêmio. No terço médio e distal segue contíguo ao músculo flexor tibial dos dedos. Esse ramo se encontra paralelo ao nervo tibial, mas em profundidades diferentes. O nervo tibial se encontra profundo na perna e o ramo posterior é superficial em toda a trajetória. No terço distal, tanto o nervo tibial quanto o ramo posterior, se dividem em ramos plantares medial e lateral.

É importante ressaltar que todas as artérias observadas nesse estudo estão sempre acompanhadas de duas veias uma lateral e outra medial à artéria.

Discussão

Com relação aos animais analisados, se observou, divergências na origem e trajetória das artérias da perna de *Sapajus libidinosus* em relação a outros primatas.

Em relação à ramificação da artéria poplítea em *Sapajus libidinosus*, ela bifurca em artéria fibular e em um tronco que é a artéria tibial comum que, posteriormente do qual se originam as artérias tibial anterior e posterior. As ramificações da artéria poplítea são idênticas às de *Sapajus libidinosus*, conforme descrição de Manners-Smith (1912) para *Cebus*. Nos gêneros *Pan* e *Papio*, a ramificação terminal da artéria poplítea em artéria tibial posterior e anterior ocorre na borda distal do músculo poplíteo (SWINDLER & WOOD 1973). Em humanos a artéria poplítea é bastante variável quanto às terminações vasculares (TINDALL 2006, STANDRING 2008). O padrão mais frequente (considerado normal em anatomia) encontrado foi que a divisão em artérias tibial anterior e posterior ocorre próximo à borda distal do músculo poplíteo (STANDRING 2008). As principais variações encontradas foram a bifurcação proximal em ramos terminais na borda proximal do músculo poplíteo, ou então a trifurcação da artéria poplítea em artérias tibial anterior, posterior e fibular (KIM *et al.* 1989, TINDALL *et al.* 2006, STANDRING 2008).

A artéria tibial anterior em *Sapajus libidinosus* possui trajetória curta na perna, terminando no terço médio. Logo, essa artéria não é responsável pela vascularização dos músculos do dorso do pé. Para *Cebus*, Manners-Smith (1912) não detalhou a distribuição das artérias tibiais anterior e posterior, e denominou esta última como artéria tibial posterior rudimentar. Em *Pan* e *Papio*, a artéria tibial anterior se localiza no compartimento extensor da perna e termina próximo ao tornozelo (SWINDLER & WOOD 1973), portanto, essa artéria assim como em *Sapajus libidinosus*, não alcança a região dorsal do pé. Ao contrário, em humanos, a trajetória da artéria tibial anterior se encontra proximal entre os músculos tibial anterior e extensor longo dos dedos, e depois, entre o tibial anterior e o extensor longo do hálux (STANDRING 2008). Essa artéria continua no pé como artéria dorsal do pé (STANDRING 2008). Portanto em humanos, a trajetória dessa artéria é responsável pela vascularização da perna e do pé.

A artéria tibial posterior assim como a anterior não segue até o pé em *Sapajus libidinosus*, e essa artéria vasculariza tanto a região flexora, quanto a região profunda e anterior da perna. Em *Papio*, a artéria tibial posterior se encontra apenas na região posterior e termina a trajetória no terço distal da perna (SWINDLER & WOOD 1973).

Em *Pan* (SWINDLER & WOOD 1973) e em humanos (STANDRING 2008), a artéria tibial posterior segue distalmente entre os músculos superficiais e profundos da região posterior da perna e no pé se ramifica em artérias plantares medial e lateral.

Nos vários primatas estudados a artéria fibular apresenta origem diversa. Em *Sapajus libidinosus* e em *Papio* (SWINDLER & WOOD 1973), essa artéria tem origem diretamente da artéria poplíteia. A trajetória dessa artéria não foi descrita para *Cebus* por Manners-Smith (1912). Em humanos e em *Pan*, (SWINDLER & WOOD 1973; STANDRING 2008) a artéria fibular é oriunda da artéria tibial posterior. Em *Sapajus libidinosus* a trajetória da artéria fibular termina próximo à região do calcâneo e é responsável pela vascularização dos músculos superficiais da região posterior da perna. Em *Papio*, a artéria fibular termina na região distal da perna, em *Pan* (SWINDLER & WOOD 1973) e em humanos (STANDRING 2008)

a artéria fibular estende-se até a região lateral do calcâneo. Em humanos, quando a artéria tibial posterior está ausente ou é muito reduzida em seu tamanho ou calibre, a artéria fibular supre a região posterior e distal na perna e no pé (STANDRING 2008). Em *Sapajus libidinosus* ocorre uma situação semelhante, como a artéria tibial posterior possui tamanho reduzido na perna, a artéria fibular se estende por toda região distal da perna e alcança a região lateral do pé.

Em *Sapajus libidinosus*, a artéria safena é longa, e é a única artéria das que se encontram na perna que possui trajetória até o pé, vascularizando as regiões dorsal e plantar. Além disso, nesse primata essa artéria se subdivide em três ramos, situação essa, não relatada na literatura para outros animais (AVERSI-FERREIRA *et al.* 2013). Em *Cebus*, a artéria safena se divide em dois ramos anterior (dorsal) e posterior (plantar), sendo que o ramo posterior gera duas ramificações, uma superficial e outra profunda que vascularizam o pé (MANNERS-SMITH 1912). Em *Papio*, a artéria safena se divide em ramos anterior e posterior, os quais são a maior fonte de sangue para a região distal para a perna e para o pé (SWINDLER & WOOD 1973). O ramo anterior no pé se subdivide em artérias dorsais superficial e profunda e o ramo posterior da artéria safena, se subdivide em artérias plantares, medial e lateral (SWINDLER & WOOD 1973). Em *Pan*, a artéria safena percorre toda a perna no compartimento medial e não sofre ramificação na perna. Ao chegar no pé, se ramificam em dorsal superficial e profunda. Como a artéria tibial anterior possui trajetória curta na perna, a artéria safena por ter maior comprimento, é responsável pela vascularização da região dorsal do pé (SWINDLER & WOOD 1973). Em humanos, a literatura recente (STANDRING 2008) não relata a presença da artéria safena, mas Manners-Smith (1912) relata a presença da artéria safena como um vaso oriundo da artéria femoral que desce superficialmente e medial ao joelho e tibia até o maléolo medial, sempre acompanhada do nervo safeno. Entretanto a presença dessa artéria em humanos é descrita como uma rara variação anatômica (MANNERS-SMITH 1912).

Essa forma bem desenvolvida da artéria safena observada em *Sapajus libidinosus*, pode putativamente, ser explicada devido aos movimentos preênséis dos pés dos primatas, que ocasionalmente seguram objetos, que não podem ser

contidos pelas mãos, enquanto se encontram sentados ou até em movimento (FRAGASZY *et al.* 2004). Esta trajetória superficial da artéria safena em vários primatas é considerada por Manners-Smith (1912) como uma questão relacionada com a habilidade dos pés e à postura, pois requer suficiente suprimento de energia que pode ser fornecida pelos vários ramos da artéria safena que chegam ao pé. Sendo assim, o fato de que a artéria safena se encontra em posição superficial e que todos os ramos seguem diretamente para o pé, é vantajoso para esses animais, pois assim, essa artéria é pouco afetada pela contração muscular durante a apreensão de objetos.

Em humanos, o desaparecimento dessa artéria, segundo Manners-Smith (1912), ocorreu pela aquisição da postura ereta, quando o aumento do ângulo do joelho teria provocado a sua atrofia. O ângulo formado pela pelve e pelo joelho com a postura ereta em humanos é de 180° , já em *Sapajus libidinosus*, o ângulo máximo da pelve é de 130° e a angulação da extensão máxima do joelho é de 148° , tendo esta última, maior ângulo do que o encontrado em chimpanzés que é de 130° (LIU *et al.* 2009). Dessa forma, o bipedalismo perfeito só pode ser realizado pelos humanos devido ao ângulo formado pelo joelho (LIU *et al.* 2009).

Em termos gerais, *Sapajus*, *Cebus* e *Papio* compartilham maior número de artérias e ramificações da perna em relação aos outros primatas citados neste trabalho. O padrão de distribuição arterial mais similar entre *Cebus*, *Sapajus* e *Papio* pode ser explicado devido a proximidade filogenética entre os dois primeiros gêneros, e devido ao mesmo tipo de comportamento na locomoção, preferencialmente quadrúpede, entre os dois últimos gêneros.

Conclusões

O estudo anatômico comparativo dos vasos da perna de *Sapajus libidinosus* demonstra que, em geral, o padrão de distribuição dos vasos é mais próximo do que foi descrito para *Cebus* e *Papio* devido à presença da artéria safena originando as artérias do pé, e também pelas artérias tibial anterior e posterior serem curtas. Essas características diferem daquelas encontradas em *Pan* e humanos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) pela doação dos espécimes de *Sapajus libidinosus* utilizados neste estudo e aos anônimos revisores cujas correções auxiliaram a melhorar o texto.

Referências

- ALFARO, J.W.L., J.S. SILVA JR & A.B. RYLANDS. 2012. How Different Are Robust and Gracile Capuchin Monkeys? An Argument for the Use of *Sapajus* and *Cebus*. *American Journal of Primatology* 74: 273–286.
- ANTINUCCI, F. & E. VISALBERGHI. 1986. Tool use in *Cebus apella*: A case study. *International Journal of Primatology* 7(4): 351–363.
- AVERSI-FERREIRA, T.A., R.A.G.M.F. AVERSSI-FERREIRA, Z. SILVA, L.F. GOUVÊA-E-SILVA & N. PENHA-SILVA. 2005a. Estudo anatômico de músculos profundos do antebraço de *Cebus apella* (Linnaeus, 1766). *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 27(3): 297-301.
- AVERSI-FERREIRA, T.A., M.S. LIMA-E-SILVA, J. PEREIRA-DE-PAULA, L.F. GOUVÊA-E-SILVA & N. PENHA-SILVA. 2005b. Anatomia comparativa dos nervos do braço de *Cebus apella*. Descrição do músculo dorsoepitrocLEAR. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*: 27(3): 291-296.
- AVERSI-FERREIRA, T. A., L.G. VIEIRA, R.M. PIRES, Z. SILVA & N. PENHA-SILVA. 2006 Estudo anatômico dos músculos flexores superficiais do antebraço no macaco *Cebus apella*. *Bioscience Journal* 22(1): 139-144.
- AVERSI-FERREIRA, T.A., J. PEREIRA-DE-PAULA, M.S. LIMA-E-SILVA & Z. SILVA. 2007a. Anatomy of the arteries of the arm of *Cebus libidinosus* (Rylands et al., 2000) monkeys. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 29(3): 247-254.
- AVERSI-FERREIRA, T.A., J. PEREIRA-DE-PAULA, Y.C.L PRADO, M.S. LIMA-E-SILVA & J.R. MATA. 2007b. Anatomy of the shoulder and arm muscles of *Cebus libidinosus*. *Journal of Morphological Sciences* 24(2): 63-74.
- AVERSI-FERREIRA, T.A. PEREIRA-DE-PAULA, M.S. LIMA-E-SILVA, Y.C.L PRADO & Z. SILVA. 2007c. Estudo anatômico das artérias do ombro de *Cebus libidinosus* (RYLANDS *et al.*, 2000; PRIMATES – CEBIDAE). *Ciência Animal Brasileira* 8(2): 273-284
- AVERSI-FERREIRA, T.A., R. DIOGO, J.M POTAU, J.F PASTOR & M.A AZIZ. 2010. Comparative Anatomical Study of the Forearm Extensor Muscles of *Cebus libidinosus* (Rylands et al., 2000; Primates, Cebidae), Modern Humans, and Other Primates, With Comments on Primate Evolution, Phylogeny, and Manipulatory Behavior. *The anatomical record* 293(12): 2056–2070.

- AVERSI-FERREIRA T.A., R.S. MAIOR, F.O. CARNEIRO-E-SILVA, R.A.G.M.F. AVERSI-FERREIRA, M.C. TAVARES, H. NISHIJO & C. TOMAZ. 2011a. Comparative Anatomical Analyses of the Forearm Muscles of *Cebus libidinosus* (Rylands et al. 2000): Manipulatory Behavior and Tool Use. Plos One. 6: 1-8.
- AVERSI-FERREIRA, R.A.G.M.F, K.A. MARIN, F.O. CARNEIRO-E-SILVA & T.A. AVERSI-FERREIRA. 2001b. Comparative anatomy of the thigh nerve of *Cebus libidinosus* (Rylands et al., 2000). Pesquisa Veterinária Brasileira 31(3): 261-266.
- AVERSI-FERREIRA, R.A.G.M.F, T. ABREU, G.A. PFRIMER, S.F. SILVA, J.M. ZIERMANN, F.O. CARNEIRO-E-SILVA, C. TOMAZ, M.C.H. TAVARES, R.S. MAIOR & T.A. AVERSI-FERREIRA. 2013. Comparative Anatomy of the Hind Limb Vessels of the Bearded Capuchins (*Sapajus libidinosus*) with Apes, Baboons, and *Cebus capucinus*: With Comments on the Vessels' Role in Bipedalism BioMed Research International 2013: 1-15.
- BRESEIDA, D.R. & E.B. OTTONI. 2001. Observational learning in the manipulation of a problem-box by tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). Revista de Etologia 3: 3-13.
- BORGES, K.C.M., J.R. FERREIRA, L.F. CAIXETA. 2010. The prefrontal areas and cerebral hemispheres of the neotropical *Cebus apella* and their correlations with cognitive processes. Dement Neuropsychol 4(3): 181-187.
- COSTELLO, M.B. & D.M. FRAGASZY. 1988. Prehension in *Cebus* and *Saimiri*: Grip type and hand preference. American Journal of Primatology 15: 235-45.
- DEMES, B. 2011. Three-dimensional kinematics of capuchin monkey bipedalism. American Journal of Physical Anthropology 145: 147-155.
- ERXLEBEN, J.C.P. 1777. Systema Regni animalis per classes, ordines, genera, species, varietates cum synonymia et historia animalium. Classis I, Mammalia. Weygandianis, Leipzig, Germany.
- KIM, D., D.E. ORRON & J.J. SKILMAN. 1989. Surgical Significance of popliteal arterial variants. Annals of surgery 210(6): 776-781.
- FRAGASZY, D.M., E. VISALBERGUI, L.M. FEDIGAN. 2004. The Complete Capuchin. New York: Cambridge University Press.
- GARBER, P.A. 1987. Foraging strategies among living primates. Annual Review of Anthropology 16: 339-64.
- LIMA, B., M. FIORANI, & R. GATTASS. 2003. Modulation by context of a scene in monkey anterior inferotemporal cortex during a saccadic eye movement task. Anais da Academia Brasileira de Ciências 75: 71-76.

- LIU, Q., K. SIMPSON, P. IZAR, E. OTTONI, E. VISALBERGHI & D. FRAGASZY. 2009. Kinematics and Energetics of Nut-Cracking in Wild Capuchin Monkey (*Cebus libidinosus*) in Piauí, Brazil. *American Journal of Physical Anthropology* 138: 210-220.
- MANNERS-SMITH, T. 1910. The limb arteries of primates. *Journal of Anatomy and Physiology* 45: 23-64.
- MANNERS-SMITH, T. 1912. The Limb Arteries of Pirmates. *Journal of Anatomy and Physiology*, 46(2): 96-172.
- MATA, J.R., F.R. MATA, M.C. SOUZA, H. NISHIJO & T.A. AVERSI-FERREIRA. 2012. Arrangement and prevalence of branches in the external carotid artery in humans. *Italian Journal of Anatomy and Embryology* 117(2): 65-74.
- OTTONI, E.B. & P. IZAR. 2008. **Capuchin monkey tool use: Overview and implications**. *Evolutionary Anthropology* 17: 171-174.
- RESENDE, B.D. & E.B. OTTONI. 2002. Brincadeira e aprendizagem do uso de ferramentas em macacos-prego (*Cebus apella*). *Estudos de Psicologia* 7: 173-80.
- RYLANDS, A.B., H. SCHNEIDER, A. LANGGUTH, R.A. MITTERMEIER, C.P. GROVES & E. RODRÍGUEZ-LUNA. 2000. An Assesment of the Diversity of New World Primates. *Neotropical Primates* 8 (2): 61-93.
- SPAGNOLETTI, N., E. VISALBERGHI, E. OTTONI, P. IZAR & D. FRAGASZY. 2011. Stone tool use by adult wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*). Frequency, efficiency and tool selectivity. *Journal of Human Evolution* 61: 97-107.
- STANDRING, S. 2008. *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice*. London: Churchill Livingstone.
- SWINDLER D.R. & C.D. WOOD. 1973. *An Atlas of Primate Gross Anatomy*. University of Washington Press, Washington.
- TAVARES, M.C.H. & C.A.B. TOMAZ. 2002. Working memory in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Behavioural Brain Research* 131: 131-137.
- TINDALL, A.J. A.A. SHETTY, K.D. JAMES, A. MIDDLETON & K.W. FERNANDO. 2006. Prevalence and surgical significance of a high origin anterior tibial artery. *Journal of Orthopaedic surgery (Hong Kong)* 14(1): 13-16.
- WAGA, I.C., A.K., DACIER, P.S. PINHA & M.C.H. TAVARES. 2006. Spontaneous tool use by wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in the Cerrado. *Folia Primatologica* 77: 337-344.
- WATANABE, I. 1982. Comparative study of the medulla oblongata, pons, mesencephalon and cerebellum of the tufted capuchin, *Cebus apella* Linnaeus, 1758. *Revista de Odontologia* 11: 13-25.

- WATANABE, L.S. & C.M. MADEIRA. 1982. The anatomy of the brain of the tufted capuchin (*Cebus apella*, LINNEAUS, 1758). *Revista de Odontologia* 11: 5-12.
- WESTERGAARD, G.C. & D.M. FRAGASZY. 1987. The manufacture and use of tools by capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology* 101:159-68.

PARTE V

BEM-ESTAR E SAÚDE

CAPÍTULO 22

Assessment and Importance of Primate Health and Welfare

Hannah M. Buchanan-Smith

Psychology, School of Natural Sciences, University of Stirling, Stirling, FK9
4LA, Scotland, UK. E-mail: h.m.buchanan-smith@stir.ac.uk

Abstract

The promotion of good welfare for animals which are used for research is not only an imperative from an ethical perspective given their capacity to suffer, but also from the perspective of the quality of science. The principles of the 3Rs (Replacement, Reduction and Refinement) provide an ethical framework for the use of animals in research when there is a potential for the research to have a negative impact on the animals. If there is no alternative to their use in research, and the number used is minimised to reach the research objectives, then we must focus on promoting good welfare for those that have to be used. If their welfare is compromised by the conditions and research procedures, so too might be the validity and reliability of the scientific output, with subsequent impact on the confidence we should place on the legitimacy of such research. For Refinement, when animals are bred in captivity for research, we must take into account the whole lifetime experience of the individual animal, of both breeders, and those animals destined for use in research to ensure they are “fit for purpose”, and the best models for the research in question. I conclude that for animals bred in captivity for research, we must ensure we build resilience to allow the animals to cope with the challenges of the research, and that we continue to find ways to assess welfare that reflects the animals’ affective state as well as the physical and clinical manifestations of welfare.

Introduction

Regardless of whether we study primates in captivity or in the wild, we must consider the primates' welfare, and the impact that our research has upon them. We have an ethical and a legal responsibility to all animals we study, and the framework for the humane treatment of animals in research are Russell and Burch's 3Rs (1959); Replacement, Reduction and Refinement. Whilst the 3Rs are most often applied to research conducted in captivity (and this is the primary focus of this paper), it also applies to research in the wild (see section on Application of 3Rs to Field Research).

The National Centre for the Replacement, Refinement and Reduction of Animals in Research (NC3Rs) describe Replacement of legally protected animals as "methods which avoid or replace the use of animals." These can be absolute replacements (e.g. computer modelling, *in vitro* methods, human volunteers) or relative replacements (e.g. invertebrates, such as fruit flies and nematode worms). Reduction refers to "methods which minimise the number of animals used per experiment". This can be by "enabling researchers to obtain comparable levels of information from fewer animals or to obtain more information from the same number of animals, thereby reducing future use of animals (e.g. improved experimental design, modern imaging techniques, sharing data and resources)". Finally, Refinement, the main topic of this paper is about ensuring the animals have the best quality of life, and has been defined as "Any approach which avoids or minimises the actual or potential pain, distress and other adverse effects experienced at any time during the life of the animals involved, and which enhances their wellbeing" (Buchanan-Smith et al., 2005). As such Refinement includes a range of approaches including improving the housing and husbandry of the animals, improvements in anaesthesia, analgesia for pain relief, and use of non- or less invasive techniques. In the field, it may involve improvements in trapping procedures, in individual identification or radio collaring. Although there is a complex interplay between the 3Rs (de Boo et al., 2005), in theory Refinement starts when we cannot use Replacement techniques, and every device of theory and practice has been used to reduce to a minimum the number of animals used in experiments.

Finding practical ways to decrease negative, and increase positive, welfare states is critical within space-limited captive environments. There are many initiatives to improve welfare, including human socialisation, and positive reinforcement training programmes, improved enclosure size and complexity (e.g. JWGR, 2009; Buchanan-Smith, 2010). Animals which undergo regulated scientific procedures - which by definition have the potential to cause pain, suffering, distress or lasting harm - may also experience fear and anxiety from anticipation of such procedures. Unreliable cues indicating the onset of aversive events (e.g. auditory cues of trolleys carrying equipment for scientific procedures, care staff presence) may leave animals in a state of chronic fear and anxiety.

For Refinement, we must take into account the whole lifetime experience of the individual animal, of both breeders, and those animals destined for use in research to ensure they are “fit for purpose”, and the best models for the research in question. Building resilience, to allow the animals to cope with research is critical.

The Life Experience and Building Resilience

For primates used in research and testing in captivity, the previous lifetime experience will dictate how well an animal can cope. Parker and Maestripieri (2011) outline key features of early life stress exposure that leads to stress resilience. Early life events include the type of stressor, its developmental stage, duration, frequency, modality, and ecological validity. This is combined with biological factors, including genotype, personality and sex, and social/environmental factors such as rank, social support and maternal style (Parker and Maestripieri, 2011) and the predictability of the stressor and perceived control that the individual has over the environment (Sambrook and Buchanan-Smith, 1997; Bassett and Buchanan-Smith, 2007). Together these factors will mould the perception of the early stressor severity, leading to the neurobiological programming and developmental outcome (Parker and Maestripieri, 2011). It is important to note that an absence of early life stress exposure is likely to lead to high stress vulnerability as the primate does not know how to cope. Severe early life stress exposure will lead to even greater vulnerability. In contrast, and

moderate amount of early life exposure, that an animal can control, leads to subsequent stress resilience.

The ability to control is critical. Early research showed that given animals control over aversive stimuli (e.g. electric shock), improves their welfare (Hanson et al., 1976; Overmier et al., 1980). If the animals cannot control the exposure to aversive events they reduce activity and stop responding to consequent exposure to controllable aversive events (Overmier et al., 1980). Overmier and Seligman (1967) offered the 'learned helplessness' theory to explain these detrimental outcomes of exposure to uncontrollable aversive events. Less research has tested the connection between control of positive stimuli (e.g. food, light) and welfare, but has also shown positive effects (e.g. Mineka et al., 1986; Buchanan-Smith and Badihi, 2012).

Fit for Purpose

For any research on animals, and especially research which has the potential to impact negatively on the welfare of animals, it is vital to ensure that the results are the most valid and reliable. Animals that have had inappropriate early rearing environments, are weaned early, and/or have developed stereotypic behaviours are unlikely to make good research models, if the experiment is designed to be conducted on the natural, normal responses of healthy individuals (Richter et al., 2009; Hubrecht, 2010). Compromised welfare affects behaviour, physiology and immunology leading to unreliable conclusions, and unwanted variation in scientific output (e.g. Poole, 1997). Increases in unwanted variation oppose the Reduction principle as a larger sample is required to get statistically significant findings.

If primates are bred in the facility where they are being used, there are real opportunities for researchers on site to ensure the primates are appropriately acclimated and best suited for the research purposes. Primates can get early experience of human socialisation and a range of laboratory environments and instruments, and desensitized to them. They can be trained to cooperate with capture and restraint (e.g. Prescott and Buchanan-Smith, 2003). Such early life exposure will likely help them cope, and provide better scientific output.

Application of 3Rs to Field Research

Ethical issues of conducting field research on primates has received less attention than their use in captive research (but see Cuthill, 1991; Fedigan, 2010). Whilst field workers may think the 3Rs do not apply to them – certainly 2Rs apply (Cuthill, 2007; but see Barnard, 2007). Field workers may not wish to replace a primate with cell cultures or computer programs if the research questions concern the primate's cognition or their natural behaviour. Field workers should however, consider Reduction and Refinement techniques as both may still apply. If the research is conservation focussed, reducing the number of subjects may not be applicable. However, in studies where capture, or field experimentation that may have negative consequences is required, using power calculations to ensure that the number used is the least required for statistical purposes is still valid. The Refinement principle should apply to all studies, to reduce a negative impact on habitation to humans (which may increase crop raiding or likelihood of being killed if hunted), to minimise suffering during capture, or use individual identification methods that do not adversely affect welfare. Fedigan (2010) outlines other ethical considerations on the impact of primate field research on local people and the environment.

Welfare Assessment

Broom describes welfare as an individual's state in relation to its attempts to cope with the environment, both in terms of physical health and subjective experience (Broom, 1986). Thus if the welfare is good, the animal is able to maintain homeostasis. There are a number of ways that we can assess an animal's welfare (Figure 1), that include physical, clinical, behavioural and measures of affective state. No single measure should be used in isolation – as welfare assessment is multi-dimensional and should take into account both physical measures and those of how the animal feels. To assess welfare effectively in captive conditions, it is critical that we use a team approach (Hawkins et al., 2011), and that we have a sound understanding of what species-specific measures are valid, and what is normal for that species.

Behaviour is the most accessible and practical measure of welfare, and one of the most informative of welfare state. Behaviour is the ultimate phenotype – not only is it the result of all of the animal's own individual decision making processes it is also the expression of emotions (Darwin, 1982; Dawkins, 2004). Behaviour provides an immediate and quantifiable measure to assess welfare state (unlike some physiological, cardiovascular and haematology and clinical chemistry measures) and as Dawkins (2004) notes, it is non-invasive (e.g. does not require breaking the skin), and in many cases also non-intrusive (the animal may not be disturbed in any way).

It is difficult to determine what “normal” behaviour is, as many species are very flexible and their behaviours changes in different conditions. There is also considerable individual variation so what is normal for one individual may not be for another, even when sex, age or rank is taken into consideration, as individuals have distinct personalities (e.g. Morton et al., 2013a, and see below). None-the-less understanding natural history and the adaptive and evolved capacities of animals underpins our ability to provide appropriate

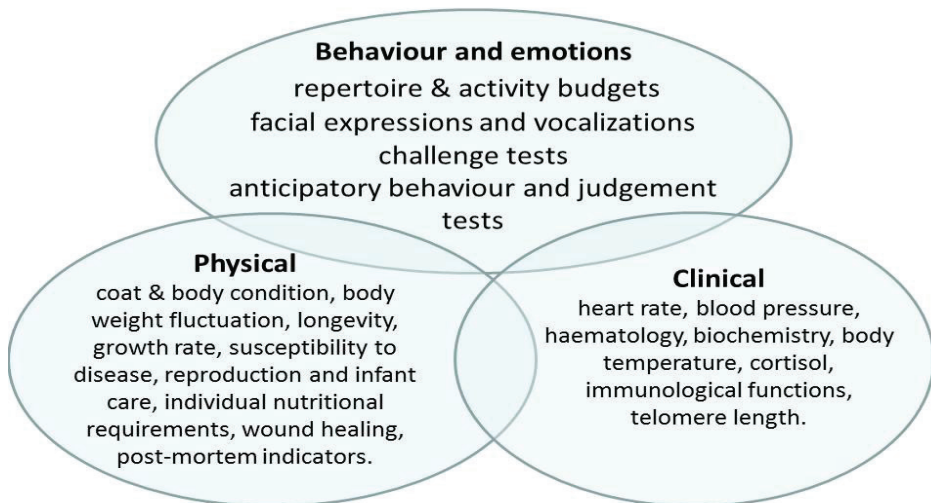


Figure 1. Description of different overlapping measures of an animal's welfare state.

captive environments. The marmoset care website is an example of an interactive resource, with over 100 videos, that can be used to teach care staff about the range of normal behaviour (<http://www.marmosetcare.com/>) (Watson and Buchanan-Smith). It illustrates behaviours, facial expressions, postures and vocalisations using video, photographs and verbal descriptions from both captivity and the wild.

The selection of which welfare measures to use is based on a number of factors including those that are valid for that species, that are readily and reliably recognizable, and relevant to the project (Hawkins et al., 2011). Validation studies, which allow determination of easily recognisable measures that are known to correlate with other established welfare measures are an important first step. Measures selected to be used must that occur at sufficient frequency to be reliably used. The team must determine the most appropriate and practical time and method to collect data on individuals, which must be individually recognisable as it is critical to monitor on an individual level and intervene early. As such not only must the data be practical to collect but it must also be analysed so that interventions can be made early to prevent avoidable welfare issues progressing.

In relation to welfare assessment, it must be recognized that there are considerable individual differences amongst animals. These have been described as animal personalities and defined as “*Behavioural differences across individuals that are consistent over time and across contexts or situations*” (Powell and Gartner, 2011, p 185). It is well established that personality in humans is linked to physical and mental health outcomes and there are a number of possible ways our understanding of these links could be used to promote welfare in humans (e.g. Deary et al., 2010). In animals, understanding both a species’ personality and an individual’s personality can also be used to enhance animal welfare and inform animal management decisions. For example Capitanio et al. (1999) have shown that in rhesus macaques (*Macaca mulatta*), viral load is higher in low versus high sociable animals which leads to more rapid disease progression and death – demonstrating that sociability has protective effects. Weiss and colleagues (2012) have

shown that the personality trait “Extraversion” predicts longer survival in zoo-housed gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*).

An understanding of personality can assist with efforts to improve animal welfare through appropriate environmental enrichment and enclosure design (Carlstead et al., 1999a, b), and in determining mate compatibility, breeding success, and social group dynamics. It may also be used to reduce number of animals required in research though we must be aware of selection bias that may be introduced (Herrelko et al., 2012; Morton et al., 2013b). Personality traits can also be used for zoo-housed primates to select those with appropriate personalities and coping abilities for educational/encounter programs (Watters and Powell, 2012) and to inform reintroduction programs (Watters and Meehan, 2007).

Measuring Affective State

Understanding animal feelings, or emotions, is central to welfare assessment and efforts to improve their wellbeing. Although naturalistic (e.g. Bracke and Hopster 2006) and biological functioning approaches (e.g. Broom and Johnson 1993) to welfare assessment still play critical roles, the focus has moved to the individual animal’s affective state (e.g. Dawkins, 1988; Fraser, 2008; Mendl et al., 2010). Theories suggest that animal emotions stem from how they assess situations (Paul et al., 2005). This assessment is influenced by many factors, including the intrinsic properties of the situation (including its predictability, familiarity, and suddenness), its importance in relation to the individual’s current needs, the individual’s perceived valence of the situation (aversive/pleasant) and intensity, and its resilience or coping abilities.

Accurately assessing how animals feel is important for welfare, but difficult in practice. There are two main ways that a measure of subjective state is being approached experimentally: Response to ambiguous stimuli (e.g. Matheson et al., 2008, Burman et al., 2008a,b; Mendl et al., 2010) and anticipatory behaviour to known reward (e.g. Spruijt et al. 2001; van der Harst et al., 2003). These will now be discussed.

Response to Ambiguous Stimuli: Judgement bias

The premise behind judgement bias, often referred to as cognitive bias lies in human psychology. Everaert et al. (2012) summarise how depressed humans have a cognitive bias in perception, including attention, interpretation, memory and cognitive control. These depressed people perceive the world more pessimistically, and over-estimate the probability of negative outcomes more than normal non-depressed humans.

There is now a great many studies that link welfare with “pessimistic” judgement biases in a range of species including starlings, rats, dogs, primates, and even bees (reviewed in Bateson et al., 2011; Mendl et al., 2011). As an affective bias will determine how an animal interprets a stimulus, different animals respond in different ways to the same stimulus; therefore, acute emotional responses in behaviour and physiology may vary in animals exposed to the same event, but experiencing different background mood states.

Judgement bias testing has been adapted for use with many species. The most frequently used approach is a go/no go methodology, in which the animal is trained (through operant conditioning) to approach one stimulus and not to approach another (which can be unrewarded, or punished). The latencies to approach ambiguous, intermediate stimuli (or the frequency of approaches) are then compared to determine a pattern. If the animals respond to the ambiguous intermediate stimuli in a similar way to the “go” stimulus they are described as “optimistic”; if it is more similar to the “no go” they are “pessimistic”.

The consistent ability of the judgement bias paradigm (adapted to species) to detect changing biases increases confidence that it is accurately measuring welfare state in response to ambiguous stimuli. Many of the previous studies have manipulated the event to determine the impact on the judgment bias. For example, there is evidence that enriched housing can induce a positive bias (e.g. rats - Brydges et al., 2011) although Keen et al. (2014) found that brief environmental enrichments had no effect on bias in captive grizzly

bears. Aversive events such as restraint (sheep - Doyle et al., 2011) or health checks (rhesus macaques - Bethell et al., 2012) are capable of inducing negative biases.

The detection of judgement biases in bees (see Bateson et al., 2011) is has been hard to explain in relation to the paradigm informing us about the underlying emotional state, as there is a reluctance to describe bees having emotions. It has been argued that the judgment bias recorded in bees can be explained by simpler mechanisms such as attentional bias without emotional processing (Mendl et al., 2011). However, invertebrates are likely to be capable of more complex cognition than previously thought (Giurfa, 2013) and a generalised stress response has been proposed (Even et al., 2012) in the honey bee, via a system similar to the mammalian HPA-axis which attenuates stress and flight or fight response. The mechanism of judgement bias testing should therefore not be discounted on this basis alone.

The predominant drawback of the judgement bias methodology is the length of time required to train and test the animals. The training process itself, which often involves human interaction, may also alter welfare. Combined with the timing taken, this precludes it from being used as an 'instantaneous' measure of welfare, in the way that home cage behaviour might. An alternative way to measure affective state that requires less training and permits group testing is reward sensitivity.

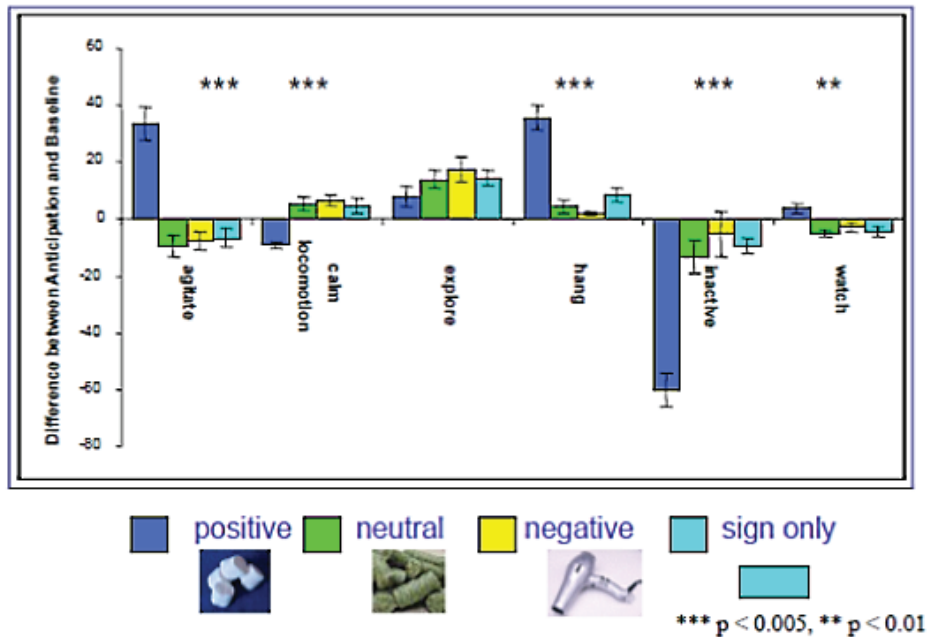
Anticipatory behaviour and reward sensitivity

The use of reward sensitivity appears a promising tool (reviewed in van der Harst and Spruit 2007) for welfare assessment. One concept of animal welfare is a balance between positive and negative experiences (Spruijt et al., 2001); animals which have had negative experiences have an increased sensitivity for positive experiences, quantifiable through their anticipatory behaviour. Such anticipatory behaviour gives us window into the subjective experiences of animals as the reward-evaluating mechanisms are influenced by the animal's evaluation of its own internal state and its environment (van

der Harst and Spruijt, 2007). Spruijt et al. (2001) argue that the behavioural activation in anticipation of a reward involves mesolimbic dopaminergic systems (Pfaus & Phillips, 1991; Schultz et al., 1997); these systems are known to be sensitized by stressors (e.g. Calib and Puglisi-Allegra, 1996) suggesting the biological mechanism underlying the use of such behaviour as a welfare assessment tool. Anticipatory behaviour has been studied in several animals (e.g. rat, pig, mink, cat, fox & horse, see van der Harst and Spruijt, 2007). We have shown we can use it to distinguish between positive, and neutral and negative for primates (common marmosets, *Callithrix jacchus*; Badihi and Buchanan-Smith, 2007, see Figure 2).

If anticipatory behaviour reflects the balance of positive and negative experiences, then it is predicted that animals with more stress will show higher levels of anticipatory behaviours for a reward, whilst those with positive experiences will have less anticipatory behaviour. There is now good evidence in rats that such a relationship between previous experiences and reward sensitivity exists (e.g. van den Berg et al., 1999; von Fritag et al., 2000). For example, in well controlled studies, comparing enriched versus standard laboratory housed rats, van der Harst et al. (2003) found strong evidence that rats which had been living in enriched environments were less sensitive to reward than those living in standard cages. It must be noted that chronic stress can lead to anhedonia (insensitivity to rewards) and hence the relationship of welfare and reward sensitivity is not linear. Van der Harst et al. (2007) suggest there is a “cut-off” point when negative experiences that are not compensated by positive experiences leads to increased reward sensitivity, until this point when the stress becomes chronic and anhedonia develops. Despite the promising nature of reward sensitivity as a welfare assessment tool, it has not been validated against other more established welfare measures limiting its current value and application. If future research indicates it to be an accurate measure, it will offer a comparatively simple and potentially less time consuming alternative to other cognitive bias welfare measures that tap into subjective state.

Figure 2. Differences in marmoset anticipatory behaviour (agitated behaviour, calm locomotion, exploration, hang on cage wire, inactive, and watch observer) with nature of event signalled by a blue sign placed on the enclosure 5 minutes before the event. The positive event = favoured food, neutral = monkey chow a less favoured food, negative = a 1 second blast of a cold air hair dryer, and the control is the “sign only”. The pattern of behaviours clearly distinguishes anticipation of a positive event from anticipation of neutral and negative events, and from the control “sign only” condition.



Conclusions

Good welfare and quality of scientific output are inextricably linked. We must strive to ensure that we consider the whole life experience of animals destined for research. This is an ethical imperative given the responsibility we have for primate welfare in our study subjects. It is also critical from a scientific perspective, to ensure we obtain the most valid results from using primates in research.

Acknowledgements

I thank Dra Renata Ferreira and the organising committee of the Brazilian Society of Primatologists for the invitation to present at their meeting in 2013.

I thank Lou Tasker, Debra Lynn, Laura Hall, Hayley Ash, Claire Watson and members of the Behaviour and Evolution Research Group at the University of Stirling for their discussions and input on the topic of animal welfare.

References

- Badihi, I. & Buchanan-Smith, H.M. (2007). Anticipatory behaviour - a means of determining the significance of positive and negative events? *Animal Welfare*, 16, S165-166.
- Barnard, C. (2007). Ethical regulation and animal science: why animal behaviour is special. *Animal Behaviour*, 74, 5-13.
- Bassett, L. & Buchanan-Smith H.M. (2007) Effects of predictability on the welfare of captive primates. In R.R. Swaisgood (Ed.), *Applied Animal Behaviour Science*, 102, 22–245
- Bateson, M., Desire, S., Gartside, S. E. & Wright, G. A. (2011). Agitated honeybees exhibit pessimistic cognitive biases. *Current Biology*, 21, 1070-1073.
- Bethell, E., Holmes, A., Maclarnon, A. & Semple, S. (2012). Cognitive bias in a non-human primate: husbandry procedures influence cognitive indicators of psychological well-being in captive rhesus macaques. *Animal Welfare*, 21, 185-195.
- Buchanan-Smith, H.M. (2010) Environmental Enrichment for Primates in Laboratories. *Advances in Science and Research*, 5, 41-56 www.adv-sci-res.net/5/41/2010/
- Buchanan-Smith, H.M., Rennie, A.E., Vitale, A., Pollo, S., Prescott, M.J. & Morton, D.B. (2005) Harmonising the Definition of Refinement. *Animal Welfare*, 14, 379-384.
- Buchanan-Smith, H.M. & Badihi, I. (2012) The psychology of control: Effects of control over supplementary light on welfare of marmosets. *Applied Animal Behaviour Science* 137, 166–174.
- Burman, O., McGowan, R., Mendl, M., Norling, Y., Paul, E., Rehn, T. & Keeling, L. (2011). Using judgement bias to measure positive affective state in dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 132, 160-168.
- Burman, O., Parker, R. M. A., Paul, E. S. & Mendl, M. (2008). Sensitivity to reward loss as an indicator of animal emotion and welfare. *Biology Letters*, 4, 330-333.
- Bracke, M.B.M. & Hopster, H. (2006). Assessing the importance of natural behaviour for animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19, 77–89.

- Broom, D.M. (1996). Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment. *Acta Agriculturae Scandinavia. Section A – Animal Science, Suppl.* 27, 22-28.
- Broom, D.M. & Johnson, K.G. (1993) *Stress and Animal Welfare*. Kluwer/Springer, Dordrecht.
- Brydges, N.M., Leach, M., Nicol, K., Wright, R. & Bateson, M. (2011). Environmental enrichment induces optimistic cognitive bias in rats. *Animal Behaviour*, 81, 169-175.
- Capitanio, J.P., Mendoza, S.P., Baroncelli, S. (1999). The relationship of personality dimensions in adult male rhesus macaques to progression of simian immunodeficiency virus disease. *Brain Behavior and Immunity*, 13, 138–154.
- Cuthill, I.C. (1991). Field experiments in animal behaviour: methods and ethics, *Animal Behaviour*, 42, 1007-1014.
- Cuthill, I.C. (2007) Ethical regulation and animal science: why animal behaviour is not so special. *Animal Behaviour*, 74, 15–22.
- Darwin, C. (1872/1965). *The expression of the emotions in man and animals*. Chicago: University of Chicago Press.
- Dawkins, M.S. (1998). Evolution and animal welfare. *Quarterly Review of Biology*, 73, 305–328.
- Dawkins, M.S. (2004). Using behaviour to assess welfare. *Animal Welfare*, 12, S3-7.
- Deary, I.J., Weiss, A. & Batty, G.D. (2010). Intelligence and personality as predictors of illness and death. How researchers in differential psychology and chronic disease epidemiology are collaborating to understand and address health inequalities. *Psychological Science in the Public Interest*, 11, 53-79.
- de Boo, M.J., Rennie, A.E., Buchanan-Smith, H.M., & Hendriksen, C.F.M. (2005). The Interplay between Replacement, Reduction and Refinement. *Animal Welfare*, 14, 327-332.
- Calib, S. & Puglisi-Allegra S. (1996). Stress, depression and the mesolimbic dopamine system. *Psychopharmacology*, 128, 331–342.
- Carlstead, K., Mellen, J. & Kleiman, D.G. (1999a). Black rhinoceros (*Diceros bicornis*) in U.S. zoos: I. Individual behavioral profiles and their relationship to breeding success. *Zoo Biology*, 18, 17–34.
- Carlstead, K., Fraser, J., Bennett, C. & Kleiman, D.G. (1999b). Black rhinoceros (*Diceros bicornis*) in U.S. zoos: II. Behavior, breeding success, and mortality in relation to housing facilities. *Zoo Biology* 18, 35–52

- Doyle, R., Fisher, A., Hinch, G., Boissy, A. & Lee, C. (2010). Release from restraint generates a positive judgement bias in sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 122, 28-34.
- Even, N., Devaud, J.-M. & Barron, A. B. (2012). General stress responses in the honey bee. *Insects*, 3, 1271-1298.
- Everaert, J., Koster, E. H. & Derakshan, N. (2012). The combined cognitive bias hypothesis in depression. *Clinical Psychology Review*, 32, 413-424.
- Fedigan, L. M. (2010). Ethical issues faced by field primatologists: asking the relevant questions. *American Journal of Primatology*, 72, 754-771.
- Fraser, D. (2008). *Understanding animal welfare: The science in its cultural context*. Wiley-Blackwell: Chichester.
- Giurfa, M. (2013). Cognition with few neurons: higher-order learning in insects. *Trends in Neurosciences*, 36, 285-294.
- Hanson, J.D., Larson, M.E. & Snowdon, C.T. (1976). The effects of control over high intensity noise on plasma cortisol levels in rhesus monkeys. *Behavioral Biology*, 16, 333-340.
- Hawkins, P., Morton, D., Burman, O., Dennison, N., Honess, P., Jennings, M., Lane, S., Middleton, V., Roughan, J., Wells, S. & Westwood, K. (2011). A guide to defining and implementing protocols for the welfare assessment of laboratory animals: Eleventh report of the BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW Joint Working Group on Refinement. *Laboratory Animals*, 45 (1), 1-13.
- Herrelko, E.S., Vick, S. & Buchanan-Smith, H.M. (2012). Cognitive research in zoo-housed chimpanzees: Influence of personality and impact on welfare, *American Journal of Primatology*, 74, 828-840.
- Hubrecht, R. (2010). Enrichment: Animal welfare and experimental outcomes. In R. Hubrecht & J. Kirkwood (Eds.), *The UFAW handbook on the care and management of laboratory and other research animals: Eighth edition*.
- JWGR, Jennings, M. & Prescott, M.J. et al. (2009). Refinements in husbandry, care and common procedures for non-human primates Ninth report of the BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW Joint Working Group on Refinement. *Laboratory Animals*, 43 (Suppl 1): S1:1-S1:47.
- Keen, H.A., Nelson, O. L., Robbins, C. T., Evans, M., Shepherdson, D. J. & Newberry, R. C. (2014). Validation of a novel cognitive bias task based on difference in quantity of reinforcement for assessing environmental enrichment. *Animal Cognition*, 17, 529-541.

- Matheson, S., Asher, L. & Bateson, M. (2008). Larger, enriched cages are associated with 'optimistic' response biases in captive European starlings (*Sturnus vulgaris*). *Applied Animal Behaviour Science*, 109, 374-383.
- Mendl, M., Burman, O. & Paul, E. (2010). An integrative and functional framework for the study of animal emotion and mood. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277, 2895-2904.
- Mendl, M., Paul, E. S. & Chittka, L. (2011). Animal behaviour: Emotion in invertebrates? *Current Biology*, 21, R463-R465.
- Mineka, S. Gunnar, M. & Champoux, M. (1986). Control and early socioemotional development: infant rhesus monkey reared in controllable versus uncontrollable environment. *Child Development*, 57, 1241-1256.
- Morton, F.B., Lee, P.C., Buchanan-Smith, H. M., Brosnan, S.F., Thierry, B., Paukner, A., de Waal, F.B.M., Widness, J., Essler, J.L. & Weiss, A. (2013a). Personality structure in brown capuchin monkeys: comparisons with chimpanzees, orangutans, and rhesus macaques. *Journal of Comparative Psychology*, 127, 282-298.
- Morton, F.B., Lee, P. C. & Buchanan-Smith, H. M. (2013b). Taking personality bias seriously in animal cognition research: A case in capuchin monkeys (*Sapajus apella*). *Animal Cognition*, 16, 677-684.
- NC3Rs – the national Centre of the Replacement Refinement and Reduction of Animals in research - <https://www.nc3rs.org.uk/the-3rs> (downloaded December, 2014).
- Overmier, J.B. & Seligman, M.E.P. (1967). Effects of inescapable shock upon subsequent escape learning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 63, 28-33.
- Overmier, J.B., Patterson, J. & Wielkiewicz, R.M. (1980). Environmental contingencies as sources of stress in animals. In: Levine S. & Ursin, H. (Eds.), *Coping and Health*. Plenum Press, New York, pp. 1-38.
- Paul, E. S., Harding, E. J. & Mendl, M. (2005). Measuring emotional processes in animals: the utility of a cognitive approach. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29, 469-491.
- Parker, K.J. & Maestripieri, D. (2011). Identifying key features of early stressful experiences that produce stress vulnerability and resilience in primates. *Neuroscience and Biobehavioural Reviews*, 35, 1466-1483.
- Pfaus, J.G. & Phillips, A.G. (1991) Role of dopamine in anticipatory and consummatory aspects of sexual behaviour in the male rat. *Behavioral Neuroscience*, 105, 727-743.

- Poole, T. (1997). Happy animals make good science. *Laboratory Animals*, 31, 116-124.
- Powell, D.M. & Gartner, M.C. (2011). Applications of personality to the management and conservation of nonhuman animals. In: Inoue-Murayama, M., Kawamura, S. & Weiss, A. (Eds.) *From Genes To Behavior: Social Structure, Personalities, Communication by Color*. Berlin: Springer, pp 185–199.
- Prescott, M.J. & Buchanan-Smith, H.M. (Eds.) (2003). Training nonhuman primates using positive reinforcement techniques. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 6.
- Russell, W. & Burch, R. (1959) (reprinted 1992). *The principles of humane experimental technique*. Wheathampstead, UK: Universities Federation for Animal Welfare.
- Richter, S.H., Garner, J.P. & Würbel, H. (2009). Environmental standardization: cure or cause of poor reproducibility in animal experiments? *Nature Methods*, 6, 257-261.
- Sambrook, T.D. & Buchanan-Smith, H.M. (1997.) Control and complexity in novel object enrichment. *Animal Welfare*, 6, 207-216.
- Schultz, W., Dayan, P. & Montague, P.R. (1997). A neural substrate of prediction and reward. *Science* 275, 1593–1598.
- Spruijt, B.M., van den Bos, R. & Pijlman, F.T.A. (2001). A concept of welfare based on reward evaluating mechanisms in the brain: anticipatory behaviour as an indicator for the state of reward systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 72, 145-171.
- van der Harst, J.E., Baars, A. & Spruijt, B.M. (2003). Standard housed rats are more sensitive to rewards than enriched housed rats as reflected by their anticipatory behaviour. *Behavioural Brain Research*, 142, 151-156.
- Van den Berg, C.L., Pijlman, F.T.A., Koning, H.A.M., Diergaarde, L., Van Ree, J.M. & Spruijt, B.M. (1999). Juvenile isolation decreases the incentive value of sucrose and social behaviour in adult rats. *Behavioural Brain Research*, 106, 133–142.
- Von Frijtag, J.C. Reijmersb, L.G.J.E., Van der Harst, J.E., Leusa, I.E., Van den Bos, R. & Spruijt, B.M. (2000). Defeat followed by individual housing results in long-term impaired reward- and cognition related behaviours in rats. *Behavioural Brain Research*, 117, 137–46.
- Watson, C.F.I. and Buchanan-Smith, H.M. Marmoset Care website. <http://marmosetcare.com/> hosted by the University of Stirling.
- Watters, J. V. & Powell, D. M. (2012). Measuring animal personality for use in population management in zoos: Suggested methods and rationale. *Zoo Biology*, 31, 1–12.

- Watters, J.V. & Meehan, C.L. (2007). Different strokes: Can managing behavioral types increase post-release success? *Applied Animal Behaviour Science*, 102, 364–379.
- Weiss, A., Gartner, M.C., Gold, K. & Stoinski, T.S. (2013). Extraversion predicts longer survival in gorillas: an 18-year longitudinal study. *Proceedings of the Royal Society B*, 280. doi: 10.1098/rspb.2012.2231

CAPÍTULO 23

Microbiota bacteriana prepucial e vaginal de macacos-da-noite

Gilmara Abreu da Silva^{1,5}; Frederico Ozanan Barros Monteiro¹; Hilma Lúcia Tavares Dias²;
Ronney de Oliveira Cavalcante³; Alyssa Isadora da Fonseca Sampaio¹; Maria Eduarda Bastos
de Andrade Moutinho Conceição¹; Rafaela Sayuri Cicalise Takeshita⁴; Paulo Henrique
Gomes de Castro⁵; Francisco Marlon Carneiro Feijó⁶ & Sheila Canevese Rahal⁷

¹ Instituto da Saúde e Produção Animal (ISPA), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil.

² Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará, Brasil.

³ Médico Veterinário Autônomo, Belém, Pará, Brasil.

⁴ Departamento de Ecologia e Comportamento Social, Primate Research Institute, Universidade de Kyoto, Aichi, Japão.

⁵ Centro Nacional de Primatas (CENP), Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) Ministério da Saúde (MS), Ananindeua, Pará, Brasil.

⁶ Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

⁷ Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.

Autor correspondente: Frederico Ozanan Barros Monteiro Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)/Instituto da Saúde e Produção Animal (ISPA). Avenida Presidente Tancredo Neves, N° 2501. Bairro: Terra Firme Cep: 66.077-901. Belém-Pará-Brasil. Phone: +55 91 32105261, Fax +55 91 32105256 e-mail: frederico.monteiro@ufra.edu.br; fredericovet@hotmail.com

RESUMO

Objetivou-se caracterizar os micro-organismos bacterianos aeróbicos da mucosa vaginal e prepucial de macacos-da-noite (*Aotus azarai infulatus*) em cativeiro, avaliando a frequência entre os sexos, a organização social (acasalados ou não) e o perfil de sensibilidade antibacteriana. As amostras foram analisadas, por meio de método microbiológico automatizado, 30 animais (15 fêmeas e 15 machos) adultos e clinicamente saudáveis, pertencentes ao plantel do

Centro Nacional de Primatas (CENP- Ananindeua, PA, Brasil). Os resultados foram analisados por meio de estimadores da riqueza e diversidade de espécies, nas comparações foi utilizado o teste qui-quadrado ($p < 0,05$). Houve semelhança na constituição bacteriana em ambas mucosas estudadas, as espécies *Staphylococcus intermedius* e *Proteus mirabilis* foram as mais frequentemente identificadas em ambos os sexos e organização social. O perfil de sensibilidade antibacteriana para as cepas gram positivas foi similar nos dois sexos, apresentando 100% de resistência a benzilpenicilina e 100% de sensibilidade a gentamicina, a ciprofloxacina e a norfloxacina. Porém, às cepas gram negativas houve diferença, as fêmeas mostraram-se 100% sensíveis somente a levofloxacina e os machos a cinco antibióticos (cefepima, meropenem, ampicilina, ciprofloxacina e levofloxacina), ambos os sexos foram menos susceptíveis a nitrofurantoína.

Palavras- chave: Primatas; *Aotus*; Microbiota; Genital; Antimicrobianos.

ABSTRACT

This study aimed to characterize the aerobic bacterial micro-organisms of the vaginal and preputial mucosa of owl monkeys (*Aotus azarai infulatus*) in captivity, evaluating their frequency between gender, the social organization (mated or not) and the antibacterial sensibility profile. Data were analyzed, using automatic microbiologic system, 30 animals (15 females e 15 males) adults and clinically healthy, belonging at the Nacional Primate Center (CENP- Ananindeua, PA, Brasil). The results were analysed using estimators of richness and diversity of species, and the comparissons qui-squared test ($p < 0.05$). There was equivalence on the bacterial constitutions in both mucosas studied, the species *Staphylococcus intermedius* and *Proteus mirabilis* were more frequently identified inn both gender and social organization. The antibacteriam sensibility profile to the gram positive samples was similar on both gender, presenting 100% sensibility on resistance to benzilpeniciline and 100% sensibility to gentamincine, ciprofloxacine and norfloxacine. Besides, to the gram negatives there was diference, the females showed 100% sensitivi only to levoflaxine and the males to five antibiotics (cefepima, meropenem, ampicacine, ciprofloxacine e levofloxacine), both gender were less susceptible to nitrofurantoine.

Key words: Primates; *Aotus*; Microbiota; Antimicrobials.

INTRODUÇÃO

Devido à similaridade filogenética com a espécie *Homo sapiens*, os primatas não humanos (PNH) tornaram-se excelentes modelos experimentais em pesquisas biomédicas. Esses animais são geralmente os melhores ou, às vezes, os únicos modelos para estudar determinadas doenças em humanos (ABEE, 2003). Além disso, são importantes na realização de diversas pesquisas em modelo de reprodução relacionadas à saúde humana (ABBOTT et al., 2004). Nesse contexto, o estudo dos micro-organismos em populações de animais selvagens *in situ* e *ex situ* são fundamentais para a elaboração e implementação de programas profiláticos e terapêuticos de enfermidades de interesse à saúde pública e animal (JORGE et al., 2010).

Na mucosa prepucial e vaginal, a dinâmica e a homeostase da microbiota normal não é completamente compreendida. Porém, o equilíbrio destes sítios é mantido por interações entre a microbiota residente e a resposta imunológica do hospedeiro (WEISS et al., 1993 e LINHARES et al., 2010). Na vagina a proteção também ocorre pela manutenção do pH ácido que favorece a presença de *Lactobacillus* spp., essas bactérias produzem o peróxido de hidrogênio, que possui atividade antimicrobiana e antiviral (MARTÍN et al., 2008). Na mucosa prepucial as células de Langerhans, secretam citocinas; e as glândulas apócrinas, secretam catepsina B, lisozima, quimotripsina, elastase de neutrófilos, substâncias que têm funções imunológicas de proteção (WEISS et al 1993).

Em PNH, pouco se conhece sobre a identificação de micro-organismos constituintes da mucosa prepucial. Entretanto, várias situações podem determinar um desequilíbrio da microbiota vaginal e favorecer a ocorrência de doenças infecciosas no sistema genital desses indivíduos (ISENBERG & D'AMATO, 1995). A vaginite é considerada a mais frequente, e pode envolver vários patógenos, que agem de forma oportunista e contribuem na doença clínica discreta ou mesmo nas complicações graves (aborto séptico). Isso ocorre principalmente quando há uma deficiência imunológica, em decorrência do estresse causado por: súbitas mudanças de temperatura, nutrição inadequada, terço final de gestação e no período pós-parto (BJURSTRÖM, 1993).

Em face do potencial patogênico de diferentes micro-organismos, os relatos de resistência microbiana e a escassez de dados relativos à reprodução e

a microbiota vaginal e prepucial em PNH, objetivou-se caracterizar a microbiota bacteriana aeróbica vaginal e prepucial de *Aotus azarai infulatus* (macacos-da-noite) criados em cativeiro. Avaliou-se a diferença entre os sexos e a organização social (acasalados ou não), as frequências, a riqueza e a diversidade de espécies bacterianas, além do perfil de sensibilidade antibacteriana. Os resultados divulgados neste capítulo foram oriundos da dissertação de mestrado intitulada “Determinação qualitativa da microbiota bacteriana prepucial e vaginal em macacos-da-noite (*Aotus azarai infulatus*) criados em cativeiro”, que foram parcialmente publicados no periodico Journal of Medical Primatology (SILVA et al. 2013).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro Nacional de Primatas (CENP), criadouro científico de primatas não humanos (registro IBAMA nº. 1/15/94/0094-3), localizado no município de Ananindeua, Pará, Brasil, órgão vinculado ao Instituto Evandro Chagas, ambas instituições pertencentes ao Ministério da Saúde.

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Animal do Instituto Evandro Chagas, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (CEPAN/IEC/SVS/MS), tendo sido aprovado sob o registro Nº 014/2010. Obteve autorização e licença para fins científicos envolvendo animais silvestres junto ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade do Ministério do Meio Ambiente (SISBIO/ICMBio/MMA), sob o registro Nº 24051-1.

Os animais foram submetidos a avaliação de sanidade, realizada por meio da inspeção clínica e exames complementares, como: hemogramas realizados pelo Sistema *Cell Dyn Ruby* (Abbott Laboratories, Illinois, Estados Unidos), dosagens bioquímicas de alanina aminotransferase, aspartato aminotransferase, uréia e creatinina, determinadas pela metodologia de bioquímica seca através Sistema *Vitros® Chemistry* DT60 II, DTSC II, DTE II (Johnson & Johnson Medical Argentina, San Isidro, Argentina), exames coproparasitológicos realizados através dos métodos direto e das técnicas de flutuação e sedimentação, exames de ultrassonografia, objetivando avaliar os órgãos reprodutivos (MONTEIRO et al., 2009), fígado e rins (TAKESHITA et al., 2011).

Adicionalmente, nas fêmeas foram realizadas análises citológicas da mucosa vaginal, utilizando a coloração de Panótico Rápido.

Os indivíduos avaliados não apresentaram alterações nos exames e nenhum animal selecionado havia sido submetido recentemente (menos de seis meses) à terapia com antibióticos, principalmente aqueles rotineiramente utilizados pela equipe clínica da instituição, como benzilpenicilina e enrofloxacina.

Foram utilizados 30 animais (15 machos e 15 fêmeas) adultos de *A. a. infulatus*, pertencentes ao plantel de reprodução do CENP. A idade média dos animais foi de nove anos. Todos os indivíduos eram identificados por microchip e por tatuagem (três letras sequenciais, na face interna da coxa direita). Formaram-se três grupos considerando-se o sexo e o sistema de acasalamento monogâmico (os animais estavam acasalados ou não, por um período prévio de um ano): Grupo A (oito fêmeas não acasaladas); Grupo B (oito machos não acasalados); Grupo C (sete casais).

Os animais selecionados foram alojados, em sistema *indoor* em recintos de alumínio e alvenaria (3,85 x 1,20 x 2,40 m), instalados no galpão de reprodução (GRI), telado e com iluminação natural e artificial. Receberam alimentação balanceada, conforme protocolo nutricional da instituição, com frutas, legumes, tubérculos, leite, ovos, ração comercial específica para cebídeos com 18% de proteína bruta (Megazoo P18, Rações Megazoo, Betim, Minas Gerais, Brasil) e água *ad libitum*.

Todos os animais permaneceram, sob as mesmas condições de cativeiro, no GR I. A higienização e sanitização das instalações e equipamentos foram realizadas com hipoclorito de sódio a 3%, amônia quaternária e solução de iodo, conforme as regulamentações prescritas nos procedimentos operacionais padronizados (POPs) e medidas de biossegurança estabelecidos na instituição.

Durante o período de maio a setembro de 2011, foram realizadas 134 colheitas (60 da mucosa prepucial e 74 da mucosa vaginal), sendo realizadas quatro colheitas em cada machos e cinco em cada fêmea (devido a gestação, em uma fêmea foi realizada apenas quatro colheitas). As colheitas foram realizadas nas fêmeas e nos machos não acasalados durante os meses de maio e junho, em intervalos semanais consecutivos, e nos casais durante os meses de agosto e setembro, em intervalos semanais consecutivos.

Nas fêmeas as colheitas foram realizadas após prévia limpeza da genitália externa com gaze estéril umedecida de solução fisiológica estéril a 0,9%, seguida da abertura da rima vulvar, e inserção do *swab* a cerca de 0,5 cm do vestíbulo vaginal promovendo-se sobre a mucosa uma rotação de aproximadamente 45° para os lados direito e esquerdo (Figura 1A).

Nos machos as colheitas foram realizadas após prévia limpeza da genitália externa com gaze estéril umedecida de solução fisiológica estéril a 0,9%, seguida da exposição da glândula, e posterior contato do *swab* no sulco balanoprepucial (Figura 1B).

Os procedimentos de semeadura e incubação foram realizados no Laboratório de Microbiologia do CENP. As amostras foram semeadas em placas de Petri contendo meios ágar base (Difco Laboratories, Detroit, Estados Unidos da América) enriquecido com 5% (v/v) de sangue desfibrinado de ovino e ágar MacConkey (Difco Laboratories, Detroit, Estados Unidos da América) e colocadas para incubar em condições aeróbicas, em estufas bacteriológicas a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ em intervalos de tempo de 24 a 48 horas, com monitoramento diário.

Após este período, as colônias obtidas foram avaliadas quanto às características morfotintórias pelo método de Gram. As colônias identificadas como gram negativas foram separadas e inoculadas meio neutro (ágar Nutriente - Difco Laboratories, Detroit, Estados Unidos da América) para identificação final pelo sistema automatizado. As colônias com características morfológicas



Figura 1. (A) Abertura da rima vulvar para inserção do *swab*. (B) Exposição da glândula para evidênciação do sulco balanoprepucial (seta).

similares ao gênero *Staphylococcus* foram semeadas em ágar Chapman (Difco Laboratories, Detroit, Estados Unidos da América) e novamente colocadas para incubar em estufas bacteriológicas a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ em intervalos de tempo de 24 a 48 horas.

Identificação bacteriana - sistema automatizado

Os procedimentos automatizados de identificação foram realizados no Laboratório de Microbiologia do Instituto Evandro Chagas através do sistema VITEK® 2 *Compact* (bioMérieux Brasil, Rio de Janeiro, Brasil). Para identificação das cepas foi preparado o inóculo, a partir do repicamento das colônias isoladas dos meios ágar sangue, ágar MacConkey e ágar Chapman, que foram incubadas, para purificação, em meio neutro (ágar Nutriente - Difco Laboratories, Detroit, Estados Unidos da América) em condições de aerobiose a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

Após este período, as cepas morfológicamente idênticas, foram transferidas para tubos de ensaio contendo 3,0 mL de solução salina a 0,45% para a preparação de uma suspensão homogênea e medição do grau de turvação ao padrão de MacFarland (0,53 a 0,63), usando um DensiCHEK VITEK® 2 *Compact* (bioMérieux Brasil, Rio de Janeiro, Brasil).

As soluções enquadradas na escala ideal de MacFarland foram inoculadas em cartões de identificação específicos para cepas gram negativas e gram positivas, sendo a leitura e interpretação realizadas de acordo com o banco de dados do sistema automatizado.

Teste de sensibilidade bacteriana in vitro

Os testes de sensibilidade bacteriana foram realizados utilizando o mesmo sistema automatizado. Após a escolha e durante a preparação dos inóculos das colônias para a identificação bacteriológica foram micropipetados 145 μL e 280 μL de inóculos gram negativo e gram positivo respectivamente, da suspensão previamente preparada para a fase de identificação, seguida de nova diluição em 3,0 mL de solução salina a 0,45% e leitura à escala de MacFarland (0,53 a 0,63) usando o DensiCHEK VITEK® 2 (bioMérieux Brasil, Rio de Janeiro, Brasil), e inoculação nos cartões de sensibilidade gram negativo e gram positivo (AST-GN e AST-GP).

Para as bactérias gram positivas foram avaliados 15 antibióticos nas respectivas concentrações mínimas inibitórias (CIM): Benzilpenicilina (0,5 µg/mL), Oxacilina (4,0 µg/mL), Gentamicina (0,5 µg/mL), Ciprofloxacina (0,5 µg/mL), Moxifloxacina (0,5 µg/mL), Norfloxacina (0,25 µg/mL), Eritromicina (8,0 µg/mL), Clindamicina (8,0 µg/mL), Linezolid (8,0 µg/mL), Teicoplanina (32,0 µg/mL), Vancomicina (32,0 µg/mL), Tigeciclina (1,0 µg/mL), Ácido fusídico (32,0 µg/mL), Rifampicina (32,0 µg/mL) e Trimetoprim/sulfametoxazol (10,0 µg/mL).

Para as bactérias gram negativas foram avaliados 17 antibióticos nas respectivas CIM: Ampicilina (32,0 µg/mL), Amoxicilina/Ácido clavulânico (2,0 µg/mL), Piperacilina/Tazobactam (4,0 µg/mL), Cefalotina (64,0 µg/mL), Cefoxitina (4,0 µg/mL), Cefotaxima (1,0 µg/mL), Ceftazidima (1,0 µg/mL), Cefepima (1,0 µg/mL), Ertapenem (0,5 µg/mL), Meropenem (0,25 µg/mL), Amicacina (2,0 µg/mL), Gentamicina (1,0 µg/mL), Ácido Nalidíxico (2,0 µg/mL), Ciprofloxacina (0,25 µg/mL), Levofloxacina (0,12 µg/mL), Nitrofurantoína (128,0 µg/mL) e Trimetoprim/Sulfametoxazol (20,0 µg/mL).

Análise estatística

Medidas da diversidade alfa foram utilizadas para avaliar variações dentro das populações bacterianas agrupadas de acordo com o sexo (fêmeas e machos) e organização social (acasalados e não-acasalados). Estas foram baseadas em estimadores de riqueza de espécies, e em índices e coeficiente de estrutura populacional de espécies bacterianas.

A riqueza específica (S) foi quantificada pelo número total de espécies numa amostra ou subamostra. Os índices de Shannon-Wiener (H') e Simpson (λ) foram utilizados para avaliar a estrutura das populações. O primeiro expressou a importância relativa de cada espécie e não apenas a proporção entre espécies e indivíduos, além de atribuir maior peso a “espécies raras” (número de isolamentos ≤ 9), característica comum entre os resultados encontrados neste estudo. Devido ao fato dos dados obtidos terem se enquadrado numa distribuição normal, o teste de Student (*t*) foi empregado para avaliar a significância das diferenças entre as médias. O índice de Simpson foi utilizado para quantificar a concentração de dominância entre uma ou poucas espécies, ou seja, as “espécies

mais comuns” (número de isolamentos > 9). Os dados foram analisados no programa Bio-DAP (versão 2.0).

O coeficiente de similaridade de Jaccard (I_j) foi usado para avaliar qualitativamente a diversidade em termos de espécies presentes e ausentes nas amostras consideradas. O resultado desse índice varia de 0 a 1, quando não há espécies compartilhadas entre as amostras e há a mesma composição de espécies, respectivamente. As medidas de diversidade foram geradas pelo programa Estimates (versão 8.2). O teste não paramétrico do qui-quadrado (X^2) foi usado na comparação entre sexo e organização social ($p < 0,05$). Foi considerado o nível de significância bilateral de 0,05 para todas as comparações, utilizando-se o programa BioEstat (versão 5.0).

RESULTADOS

A Figura 2A mostra as frequências relativas das 143 cepas de bactérias gram positivas encontradas (77 isoladas em fêmeas e 66 em machos). Foram identificadas 15 espécies de bactérias, destas sete foram frequentes em ambos os sexos (*Staphylococcus lentus*, *S. intermedius*, *Aerococcus viridans*, *S. urealyticus*, *S. arlettae*, *S. equorum* e *S. warneri*); três presentes somente em fêmeas (*S. sciuri*, *Enterococcus faecalis* e *S. xylosus*) e cinco somente em machos (*Gemella bergeri*, *S. saprophyticus*, *Kocuria rosea*, *S. hominis* e *Leuconostoc mesenteroides*). A frequência de espécies bacterianas variou significativamente ($X^2 = 26,01$; $p < 0,05$).

O gênero *Staphylococcus* spp. foi o mais isolado, e a espécie *S. intermedius* foi a de maior frequência entre fêmeas e machos (48,05% e 30,30%, respectivamente). Os machos apresentaram maior riqueza de espécies ($S=12$) do que as fêmeas ($S=10$), a diversidade de espécies raras foi significativamente maior ($t=3,215$, $df=138,843$) em machos ($H'=2,16$) do que em fêmeas ($H'=1,68$), e a dominância de indivíduos por espécie foi maior em fêmeas ($\lambda = 0,271$) do que em machos ($\lambda = 0,137$). A similaridade entre as diversidades de espécies de fêmeas e machos foi em torno de 50% ($I_j = 0,467$).

A Figura 2B apresenta as frequências relativas das 174 bactérias gram negativas encontradas (107 cepas isoladas em fêmeas e 67 em machos). Foram identificadas 19 espécies de bactérias, das quais oito espécies foram frequentes em ambos os sexos, sete presentes somente em fêmeas e quatro somente em machos. A frequência de espécies bacterianas variou significativamente ($X^2 = 19,05$; $p < 0,05$).

Proteus mirabilis obteve maior frequência em fêmeas (27,10%) e em machos (31,34%). As fêmeas apresentaram maior riqueza de espécies ($S=15$) do que os machos ($S=12$), e a dominância de indivíduos por espécie foi um pouco maior em machos ($\lambda=0,172$) do que em fêmeas ($\lambda=0,139$), da mesma forma a diversidade de espécies raras (machos $H'=2,00$ e fêmeas $H'=1,525$), embora não significativo ($t=1,525$, $df=140,839$). A similaridade entre as diversidades de espécies foi próxima a 45% ($I_j=0,421$).

Na comparação entre o número de isolamentos e espécies bacterianas e os sexos dos animais estudados. Embora o número de isolamentos tenha sido maior em fêmeas do que em machos, esta variação não foi significativa ($\chi^2 = 1,885$, $p=0,1697$, $gl=1$). Da mesma forma, não foi encontrada variação significativa ($\chi^2 = 0,495$, $p=0,4817$, $gl=1$) entre o número de espécies bacterianas e os sexos.

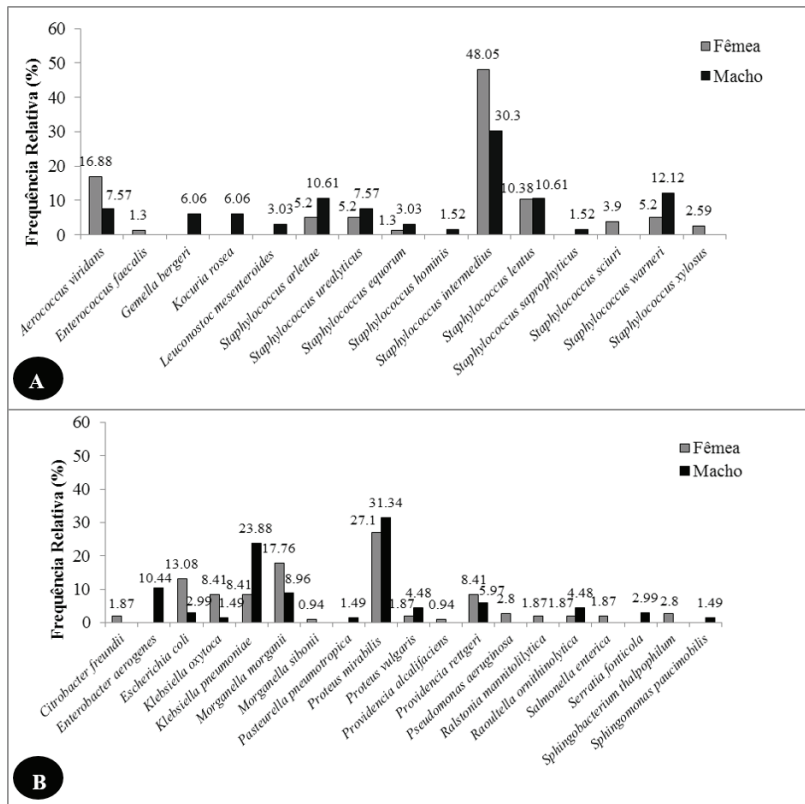


Figura 2 Frequências relativas de cepas gram positivas (A) e gram negativas (B) isoladas da mucosa vaginal e prepucial de *Aotus azarai infulatus* (Fonte: SILVA et al., 2013).

A Figura 3A apresenta as análises baseadas na comparação entre as 75 e 68 cepas gram positivas isoladas de animais não acasalados e acasalados, respectivamente. No total foram identificadas 15 espécies, sendo sete frequentes em ambos os grupos, quatro somente em não acasalados e acasalados. A espécie *S. intermedius* obteve maior frequência entre ambos, *A. viridans* também obteve elevada frequência em casais (20,59%) e *S. lentus* em não acasalados (18,67%). Entre as bactérias presentes somente em casais *K. rosea* apresentou maior frequência (5,88%) e entre as isoladas apenas em não acasalados *G. bergeri* foi a mais frequente (5,33%). Os dois grupos apresentaram a mesma riqueza de espécies ($S=11$) e semelhanças entre a dominância de indivíduos por espécie (não acasalados $\lambda=0,217$ e acasalados $\lambda=0,206$) e diversidade de espécies raras (não acasalados $H'=1,87$ e acasalados $H'=1,86$), embora não significativa ($t=0,086$, $df=142,676$). A similaridade entre as diversidades de espécies dos dois grupos foi em torno de 50% ($I_j=0,467$).

A análise da Figura 3B foi baseada na comparação entre as 96 e 79 cepas gram negativas isoladas de animais não acasalados e acasalados, respectivamente. Foram identificadas 19 espécies, sendo sete frequentes em ambos os grupos, sete presentes somente em acasalados e cinco somente em não acasalados. A espécie *P. mirabilis* figurou como a mais isolada entre animais não acasalados (29,17%) e acasalados (27,85%). Os animais acasalados apresentaram maiores riqueza de espécies (não acasalados $S=12$ e acasalados $S=14$) e diversidade de espécies raras ($H'=2,22$) que os não acasalados ($H'=2,04$), porém não significativa ($t=1,447$, $df=169,869$). A dominância de indivíduos por espécie foi maior em não acasalados ($\lambda=0,161$) que nos acasalados ($\lambda=0,133$). A similaridade entre as diversidades de espécies foi em torno de 40% ($I_j=0,368$).

Na comparação entre o número de isolamentos e de espécies bacterianas de acordo com organização social dos animais estudados. Embora o número de isolamentos tenha sido maior em animais não acasalados do que nos acasalados, esta variação não foi significativa ($X^2 = 0,184$, $p=0,6681$, $gl=1$). Da mesma forma, não foi encontrada variação significativa ($X^2 = 0,150$, $p=0,6983$, $gl=1$) entre o número de espécies bacterianas e a organização social.

A Figura 4A mostra a sensibilidade antimicrobiana das cepas gram positivas. Nas fêmeas os antibióticos com maiores potenciais de sensibilidade (100%) para as bactérias analisadas foram: gentamicina, ciprofloxacina e norfloxacina. Entre os antibióticos de maiores resistências destacaram-se a benzilpenicilina com 100% de resistência, seguida da oxacilina (86,20%) e do ácido fusídico (82,80%).

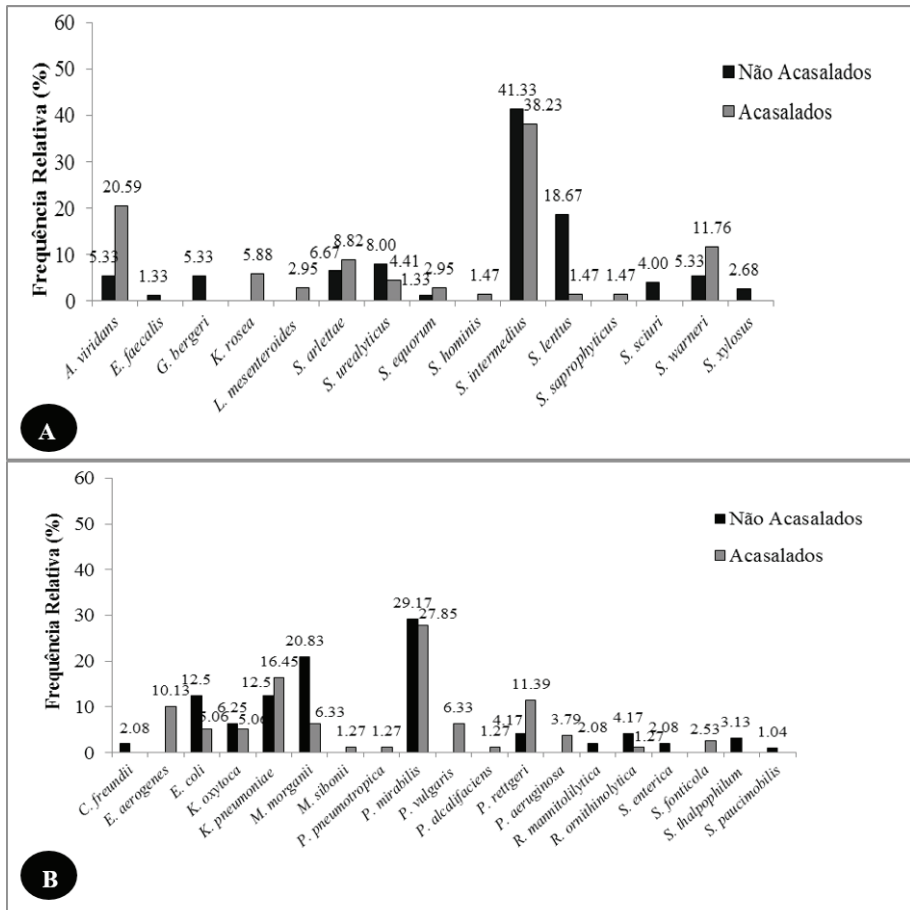


Figura 3 Frequências relativas cepas bacterianas gram positivas (A) e gram negativas (B) isoladas da microbiota vaginal e prepucial de *Aotus azarai infulatus* não acasalados (N=16) e acasalados (N=14) (Fonte: SILVA et al., 2013).

Nos machos os antibióticos com maiores potenciais de sensibilidade (100%) para as bactérias analisadas foram: gentamicina, ciprofloxacina e norfloxacina. Entre os antibióticos de maiores resistências destacaram-se a benzilpenicilina com 100% de resistência, seguida da oxacilina (83,30%) e da clindamicina (71,40%).

A sensibilidade antimicrobiana das cepas gram negativas foi demonstrada na Figura 4B. Nas fêmeas a análise dos dados revela que os antibióticos com maiores potenciais de sensibilidade para as bactérias analisadas foram: levofloxacina

(100%), ciprofloxacina (99%) e meropenem (98,10%). Entre os antibióticos de maiores resistências destacaram-se a nitrofurantoína (66,30%), a ampicilina (65,40%) e cefalotina (51,90%).

Nos machos os antibióticos com maiores potenciais de sensibilidade (100%) para as bactérias analisadas foram: cefepima, meropenem, amicacina levofloxacina e ciprofloxacina. Entre os antibióticos de maiores resistências destacaram-se a nitrofurantoína (74,60%), a ampicilina (70,10%) e cefalotina (44,80%).

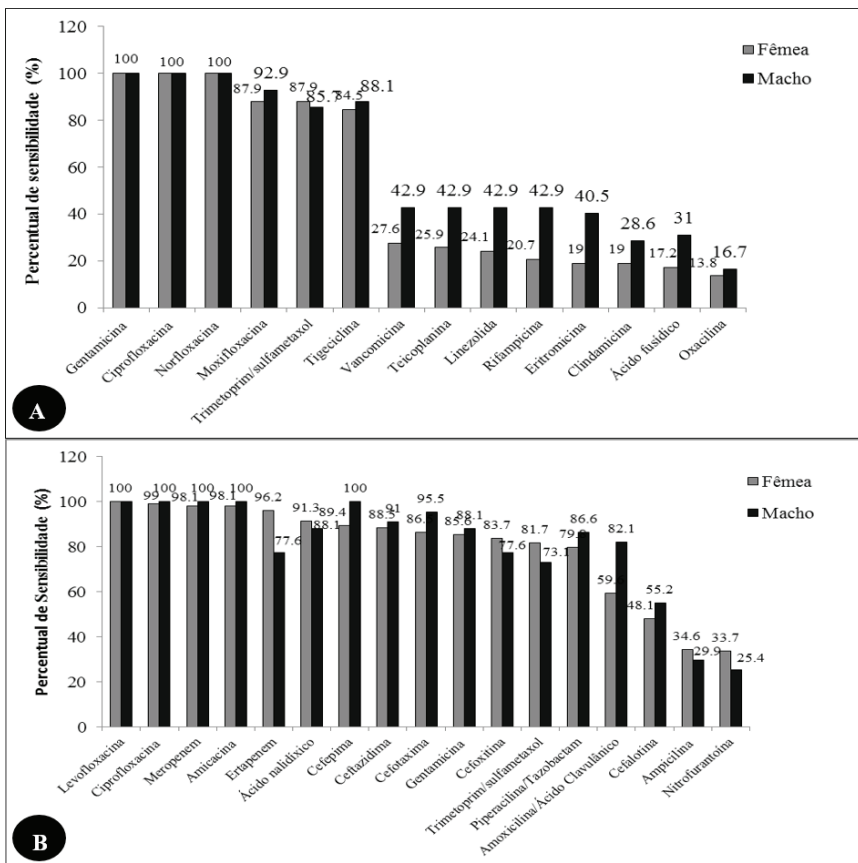


Figura 4 Percentuais de sensibilidade de cepas bacterianas gram positivas (A) e gram negativas (B) isoladas de fêmeas (N=15) e machos (N=15) de *Aotus azarai infulatus* (Fonte: SILVA et al., 2013).

DISCUSSÃO

Poucos estudos relacionados ao ambiente prepucial e vaginal foram descritos em espécies de primatas do velho (DOYLE et al., 1991; LICHTENWALNER et al., 2000) e do Novo Mundo (CLAVER et al., 1984). Os resultados foram comparados aos de humanos, pela semelhança filogenética, e a outras espécies de primatas não humanos.

Em geral, as infecções da mucosa vaginal e prepucial são frequentemente causadas por micro-organismos pertencentes à microbiota residente ou transitória, provenientes do trato gastrointestinal, como *Staphylococcus* spp., *E. coli*, *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp. e *Pseudomonas* spp., que em condições de imunossupressão, podem provocar importantes doenças com influência direta na reprodução, como vulvovaginites, cervicites, endometrites (RAMASWAMY et al., 1991) e uretrite, epididimite, orquite, balanopostite (GOLSHANI et al., 2006). Vários autores citam a importância do conhecimento da constituição das microbiotas normais de diferentes sítios anatômicos, a fim de prevenir possíveis infecções e complicações clínicas. Os animais avaliados neste estudo estavam clinicamente saudáveis, portanto, é possível inferir que a presença dessas bactérias nos órgãos genitais de *Aotus azarai infulatus* foram provenientes do trato gastrintestinal desses animais.

Durante o experimento foi encontrado uma grande diversidade de espécies bacterianas, evidenciando a variação inter-individual da composição bacteriana das mucosas estudadas, decorrentes possivelmente da interação entre o hospedeiro e o meio ambiente como relatou RIVERA et al. (2010) em estudo realizado em 35 babuínos (*Papio hamadryas*).

A análise dos dados demonstrou que entre os isolamentos de bactérias gram positivas, *Staphylococcus* spp., prevaleceu nas duas variáveis analisadas (sexo e a organização social). Esses achados corroboram com os resultados descritos por MUMTAZ et al. (2008) em mulheres e em fêmeas adultas de *Alouatta caraya* (CLAVER et al., 1984). Além dos resultados descritos na mucosa vaginal de fêmeas adultas de primatas do Velho Mundo, *Macaca mulatta* (DOYLE et al., 1991), *Macaca nemestrina* (LICHTENWALNER et al., 2000) e *Papio hamadryas* (RIVERA et al., 2010).

Staphylococcus intermedius obteve maior isolamento entre os sexos e a organização social. De acordo com LLOYD (2008) esta espécie é isolada em animais, em superfícies cutânea, oral, nasal e peri-anal. Esta significativa frequência de *S. intermedius* em ambas microbiotas estudadas, possivelmente poderá estar relacionada a transmissão horizontal, devido ao comportamento afiliativo característico de espécies monogâmicas, como o gênero *Aotus* que apresentam uma ligação sociossexual em longo prazo e o cuidado cooperativo com o filhote (SANTOS, 2003), o que poderá favorecer a agregação e disseminação de micro-organismos para outros sítios anatômicos, devido principalmente ao constante e estreito contato corporal entre os indivíduos.

A espécie *A. viridans* obteve frequências de isolamentos diferentes, em relação aos sexos e organização social. As fêmeas apresentaram maiores frequências, sendo estas, bem maiores em fêmeas acasaladas. Este achado evidencia a transmissibilidade da bactéria, pois somente foi isolada em machos acasalados, com fêmeas identificadas positivamente.

No presente estudo, os isolamentos das espécies *L. mesenteroides*, *G. bergeri* e *A. viridans* evidenciam a variação inter-individual da composição bacteriana das mucosas pela interação entre o hospedeiro e o meio ambiente, semelhante ao que foi observado por RIVERA et al. (2010), pois estas bactérias, geralmente oportunistas, são encontradas no meio ambiente, na água, na poeira e no solo.

Entre as bactérias gram negativas, *P. mirabilis* foi a espécie mais identificada, em ambas microbiotas estudadas, nas duas variáveis analisadas (sexo e organização social). Analisando-se os sexos separadamente, as espécies que também apresentaram frequências significativas, em fêmeas foram *M. morganii* (17,76%), *E. coli* (13,08%) e *K. pneumoniae* (8,41%) e em machos foram *K. pneumoniae* (23,88%), *E. aerogenes* (10,44%) e *M. morganii* (8,96%). Estes achados são semelhantes aos encontrados em mulheres por MUMTAZ et al. (2008) e em homens por GOLSHANI et al. (2006) respectivamente.

As fêmeas apresentaram maiores frequências de *E. coli*, sendo estas elevadas em fêmeas não acasaladas. Este achado evidencia a transmissibilidade da bactéria, pois somente foi isolada em machos acasalados, com fêmeas identificadas positivamente. Outros estudos, também relataram a presença de *E. coli*

na microbiota vaginal normal em espécies de primatas do velho, como *Papio hamadryas* (RIVERA et al., 2010).

A organização social pode-se verificar a transmissibilidade de micro-organismos entre animais acasalados, pois as espécies *P. mirabilis*, *E. coli* e *K. pneumoniae*, foram isoladas em ambos indivíduos formadores do casal, e de acordo com dados obtidos do plantel do CENP, estes casais possuem altos índices de reprodutividade na colônia, o que comprova o compartilhamento de micro-organismos. Entre os casais com baixa ou nenhuma atividade reprodutiva as espécies *M. morgani*, *K. oxytoca*, *P. rettgeri*, *P. alcalifaciens*, *P. aeruginosa* e *M. sibirica* foram isoladas somente em fêmeas e *P. pneumotropica*, *E. aerogenes* e *S. fonticola* somente em machos.

P. mirabilis, *E. coli* e *Klebsiella spp.* são constituinte da microbiota intestinal normal da população humana e animal, e seus frequentes isolamentos nestes experimento podem ser atribuídos as condições de cativeiro, onde os animais possuem maior contato com suas excretas, podendo agregar e disseminar patógenos durante o processo de criação e reprodução (OLINDA et al., 2010).

Em relação à avaliação do perfil de sensibilidade antimicrobiana *in vitro*. A análise dos resultados das cepas gram positivas, considerando-se o de maior e menor potencial de sensibilidade, mostrou que fêmeas e machos apresentaram semelhante perfil de sensibilidade (100%) a gentamicina, a ciprofloxacina e a norfloxacina, e menor sensibilidade a oxacilina (fêmeas: 13,80% e machos: 16,70%). Benzilpenicilina mostrou-se 100% resistente em ambos os sexos, fato que pode estar associado ao constante uso deste antibiótico em procedimentos clínicos terapêuticos no plantel do CENP.

Os resultados das análises às cepas gram negativas, mostraram perfis diferentes em machos e fêmeas. Nas fêmeas apenas um antibiótico mostrou-se 100% sensível (levofloxacina) e nitrofurantoína foi o menos susceptível (33,70%). Nos machos, cinco antibióticos foram 100% sensíveis (cefepima, meropenem, ampicilina, ciprofloxacina e levofloxacina) e nitrofurantoína foi o menos susceptível (25,40%). Esta diferença de sensibilidade antimicrobiana pode ser

atribuída a maior prevalência em fêmeas de procedimentos clínicos-cirúrgicos e o uso de variados antibióticos, ficando estas mais susceptíveis a adquirir resistência frente a diferentes antibióticos.

Os resultados evidenciam a similaridade entre a composição bacteriana aeróbica da mucosa prepucial e vaginal de *A. a. infulatus* e demonstram que os números de isolamentos e de espécies bacterianas não variam em relação ao sexo e a organização social, que a riqueza e diversidade das espécies bacterianas foram semelhantes entre as duas variáveis analisadas e que o perfil de sensibilidade antimicrobiana foi semelhante em ambos os sexos para cepas gram positivas e diferente para cepas gram negativas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro e institucional da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Instituto Evandro Chagas (IEC) / Centro Nacional de Primatas (CENP), Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior de Pessoal (CAPES-PROCAD-NF nº 21/2009), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Chamada Universal 14/2012 - Faixa A).

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, D.H.; FOONG, S.C.; BARNETT, D.K.; DUMESIC, D.A. Nonhuman Primates Contribute Unique Understanding to Anovulatory Infertility in Women. *ILAR Journal*, Washington, v. 45, n 2, p. 116-131, 2004.
- ABEE, C.R. Alternative New World Primate Models for Non-AIDS Research. *ILAR Journal*, Washington, v. 44, p. 231-235, 2003.
- BJURSTRÖM, L. Aerobic bacteria occurring in the vagina of bitches with reproductive disorders. *Acta Veterinaria Scandinavica*, v. 34, n. 1, p. 29-34, 1993.
- CLAVER, J. A.; COLILLAS, O. J.; TRAVI, B. L. Histological and microbiological aspects of the vagina in captive howler monkeys (*Alouatta caraya*). *Primates*, v. 25, n. 1, p. 110-116, 1984.
- DOYLE, L.; YOUNG, C. L.; JANG, S. S.; HILLIER, S. L. Normal vaginal aerobic and anaerobic bacterial flora of the rhesus macaque (*Macaca mulatta*). *Journal of Medical Primatology*, v. 20, n. 8, p. 409-413, 1991.
- GOLSHANI, M. TAHERI, S.; ESLAMI, G.; SULEIMANI RAHBAR, A. A.;

- FALLAH, F.; GOUDARZI, H. Genital Tract Infection in Asymptomatic Infertile Man and its Effect on Semen Quality. *Iranian Journal of Public Health*, v.35, n. 3, p. 81-84, 2006.
- ISENBERG, H.D.; D'AMATO, R. Indigenous and pathogenic microorganisms of humans. In: MURRAY, P.R.; BARON, E.J.; PFALLEN, M.A.; TENOER, F.C.; YOLKEN, R.H. *Manual of clinical microbiology*. Washington, D.C.: ASM Press, 1995, p.5-18.
- JORGE, R. S. P.; ROCHA, F. L.; JUNIOR, J. A. M.; MORATO, R. G. Ocorrência de patógenos em carnívoros selvagens brasileiros e suas implicações para a conservação e saúde pública. *Oecologia Australis*, v.14, n. 3, p. 686-710, 2010.
- LICHTENWALNER, A. B.; PATTON, D. L.; KLEBANOFF, S. J.; HEADLEY, C. M.; HILLIER, S. L. Vaginal myeloperoxidase and flora in the pig-tailed macaque. *Journal of Medical Primatology*, v. 29, n. 1, p. 36-41, 2000.
- LINHARES, I. M.; GIRALDO, P. C.; BARACAT, E. C. Novos conhecimentos sobre a flora bacteriana vaginal. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 56, n. 3, p. 370-374, 2010.
- LLOYD, D. H. The canine skin microbiota: habitats, acquisition, interactions and exchange, *AFVAC Congress Paris*, v.18 n.1, p. 61-68, 2008.
- MARTÍN, R.; SOBERÓN, N.; VÁZQUEZ, F.; SUÁREZ, J. E. Vaginal microbiota: composition, protective role, associated pathologies, and therapeutic perspectives. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, v. 26, n. 8, p. 160-167, 2008.
- MONTEIRO, F. O. B.; COUTINHO, L. N.; POMPEU, E. S. S.; CASTRO, P. H. G.; MAIA, C. E.; PEREIRA, W. L. A.; VICENTE, W. R. R. Ovarian and uterine ultrasonography in *Aotus azarai infulatus*. *International Journal of Primatology*, v. 30, n. 2, p. 327-336. 2009.
- MUMTAZ, S.; MUMTAZ, A.; IRUM, A.; NAEEM, A.; MASOOD UL.; HASSAN, A. H. Aerobic vaginal pathogens and their sensitivity pattern. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad*, v. 20, n. 1, p. 113-117. 2008.
- OLINDA, R. G.; FEIJÓ, F. M. C.; ALVES, N. D.; AMORIM, R. N. L.; ALVES, H. M.; BATISTA, J. S.; OLIVEIRA, M.F. Otite bacteriana em cateto (*Tayassu tajacu* LINNAEUS, 1758) criado em cativeiro. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.4, n.2, p.113-117, 2010.
- RAMASWAMY, V.; ANDREW, M.; ROY, P. Aerobic microbes of cervico-vaginal mucus from repeat breeders bovines and their antibiogram. *Singapore Veterinary Journal*, v. 14-15, p. 60-65, 1991.
- RIVERA, A.J.; STUMPE, R. M.; WILSON, B.; LEIGH, S.; SALTERS, A. A.** *Baboon Vaginal Microbiota: An Overlooked Aspect of Primate Physiology, American Journal of Primatology*, v. 72, n. 6, p. 467-74, 2010.

- SANTOS, C.V. Sistema monogâmico de acasalamento e estratégias reprodutivas dos pequenos primatas neotropicais. *Revista de Ciências Humanas*, n. 34, p. 335-363, 2003.
- SILVA, G.A., MONTEIRO, F.O.B., DIAS, H.L.T., CAVALCANTE, R. D. O., SAMPAIO, A.I. D. F., DA CONCEIÇÃO, M.E.B.A.M., TAKESHITA, R.S.C., DE CASTRO, P.H.G., FEIJÓ, F.M.C. AND RAHAL, S.C. Qualitative analysis of preputial and vaginal bacterial microbiota in owl monkeys (*Aotus azarai infulatus*) raised in captivity. *Journal of Medical Primatology*, 42: 71–78, 2013.
- TAKESHITA, R. S. C.; MONTEIRO, F. O. B.; de MIRANDA LINS E LINS, F. L.; SILVA, G.A. da; FATURI, C.; COUTINHO, L. N.; MONTEIRO, M. V. B.; KUGELMEIER, T.; CASTRO, P. H. G. de; MUNIZ, J. A. P. C. Hematological, hepatic, and renal evaluation in Aotus azarai infulatus, Journal of Medical Primatology, v. 40, n. 2, p. 104–110, 2011.*
- WEISS, G. N.; SANDERS, M.; WESTBROOK, K. C. The distribution and density of langerhans cells in the human prepuce: Site of a diminished immune response? *Israel Journal of Medical Sciences*, v. 29, n. 1, p. 42-43, 1993.

CAPÍTULO 24

Alterações hepáticas e parasitoses podem influenciar os valores hematológicos e de bioquímica sérica de macacos-da-noite (*Aotus azarai infulatus*, (kuhl, 1820) Aotidae – Primates)

Liver changes and parasitosis can influence hematological and serum biochemistry values of owl monkeys (*Aotus azarai infulatus*, (Kuhl, 1820) Aotidae – Primates?)

Rafaela Sayuri Cicalise Takeshita¹; Fernanda Luiza de Miranda Lins e Lins²; Leandro Nassar Coutinho²; Maria Vivina Barros Monteiro⁴; Pedro Mayor⁵; Cristian Faturi²; Paulo Henrique Gomes de Castro; Gilmar Abreu Silva^{2,6}; Sheila Canevese Rahal⁷ & Frederico Ozanan Barros Monteiro²

¹ Universidade de Kyoto, Department of Ecology and Social Behavior, Primate Research Institute, Inuyama, Aichi, Japão.

² Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Programa de Pós-graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia, Belém, Pará, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Pará (UFPA), Castanhal, Pará, Brasil.

⁵ Universitat Autònoma de Barcelona, Departamento de Anatomia e Saúde Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Bellaterra, Barcelona, Espanha.

⁶ Centro Nacional de Primatas (CENP), Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, Ananindeua, Pará, Brasil.

⁷ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária, Botucatu, São Paulo, Brasil.

Autor correspondente: Prof. Frederico Ozanan Barros Monteiro. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)/Instituto da Saúde e Produção Animal (ISPA). Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501. Bairro: Terra Firme Cep: 66.077-901. Belém-Pará-Brasil. Phone: +55 91 32105261, Fax +55 91 32105256 e-mail: frederico.monteiro@ufra.edu.br; fredericovet@hotmail.com

RESUMO

A possibilidade de combinar métodos laboratoriais e de diagnóstico por imagem contribui para melhorar a compreensão da morfofisiologia e auxiliar no diagnóstico e no tratamento de doenças. Sendo assim, objetivou-se avaliar alterações ultrassonográficas hepáticas e presença de parasitas em macacos-da-noite e seus

efeitos sobre os valores hematológicos e bioquímicos séricos. Sessenta e quatro *Aotus azarai infulatus* do Centro Nacional de Primatas (CENP/Ananindeua, PA, Brasil) foram submetidos a exame clínico, coproparasitológicos, hematológicos e ultrassom abdominal. Os dados foram submetidos aos testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney com correção de Bonferroni para comparação entre as condições clínicas (saudáveis, n=37; hepatopatas, n=13; parasitados, n=14). Os exames coproparasitológicos demonstraram que o *Trypanoxyuris* sp. foi o parasita mais frequente (78.9%). O hemograma revelou plaquetas significativamente mais baixas nos parasitados ($90,00 \pm 46,27 \times 10^3/\text{mm}^3$), em relação ao grupo saudável ($130,81 \pm 74,50 \times 10^3/\text{mm}^3$) e aos animais com alterações hepáticas ($128,83 \pm 59,81 \times 10^3/\text{mm}^3$). A bioquímica hepática demonstrou que animais com alterações hepáticas tinham maior concentração de proteínas totais ($7,73 \pm 0,42 \text{ g/dl}$) em comparação com o grupo saudável ($7,1 \pm 0,47 \text{ g/dl}$). O ultrassom revelou alteração do parênquima hepático, sendo na maioria dos casos (53,84%) observados nódulos hepáticos hiperecóticos distribuídos difusamente no parênquima, indicativo de hiperplasia nodular. Dois animais apresentaram esteatose hepática difusa e quatro tinham alterações na vesícula biliar. Portanto, exames clínicos, testes laboratoriais e de diagnóstico por imagem podem ser úteis no monitoramento da sanidade de colônias mantidas em cativeiro.

Palavras-chave: *Aotus*, hepatopatia, parasitos *gastrintestinais*, ultrassonografia, hematologia

ABSTRACT

The possibility of combining laboratory and image diagnostic methods contributes to a better understanding of the morphophysiology and aids in diagnosing treatment of diseases. This study aimed to evaluate liver ultrasound changes and parasitic infections in owl monkeys and the effects on serum biochemical and hematological values. Sixty-four *Aotus azarai infulatus* at the National Primate Center (CENP/Ananindeua, PA, Brazil) underwent clinical examination, coproparasitological, hematological and abdominal ultrasound. Data was submitted to Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests with Bonferroni correction for comparison among the clinical conditions (healthy,

n=37; hepatic disorders, n=13, and parasitized, n=14). The fecal examinations showed that *Trypanoxyuris* sp. was the most common parasite (78.9%). The blood count revealed platelets were significantly lower in parasitized animals ($90.00 \pm 46.27 \times 10^3/\text{mm}^3$) compared to the healthy group ($130.81 \pm 74.50 \times 10^3/\text{mm}^3$) and hepatic disorder group ($128.83 \pm 59.81 \times 10^3/\text{mm}^3$). The liver biochemistry demonstrated that animals with hepatic disorders had concentration of total protein ($7.73 \pm 0.42 \text{ g/dl}$) compared with the healthy group ($7.1 \pm 0.47 \text{ g/dl}$). The ultrasound revealed alterations of the hepatic parenchyma and in most cases (53.84%) observed hyperechoic liver nodules distributed diffusely in the parenchyma, indicative of nodular hyperplasia. Two animals had diffuse hepatic steatosis and four had changes in the gallbladder. Therefore, clinical examinations, laboratory tests, and diagnostic imaging may be useful in monitoring the health.

Keywords: *Aotus*, liver disease, gastrointestinal parasites, ultrasound, hematology

INTRODUÇÃO

Os primatas do gênero *Aotus*, popularmente chamados de macacos-da-noite, representam excelentes modelos experimentais, sendo recomendados para estudos da fisiologia da visão (BAER, 1994) e malária (CARVALHO *et al.*, 2003). Para avaliação e acompanhamento do estado sanitário desses animais, é fundamental o conhecimento sobre os funcionamentos hepático e renal. Esses órgãos podem ser avaliados, de forma prática, por meio da associação de exames ultrassonográficos, hematológicos e bioquímicos.

O fígado é, provavelmente, um dos principais órgãos de regulação da fisiologia, envolvido em funções, como biossintética, catabólica, detoxificadora, digestiva e imunológica (PÉREZ *et al.* 2001). Geralmente, a insuficiência hepática resulta de algum tipo de doença, sendo identificada pela incapacidade de remover do sangue as substâncias comumente excretadas e produzidas. Segundo THRALL (2006), doença hepática é qualquer distúrbio que cause lesão de hepatócitos, colestase ou ambas. Devido à importante função desse órgão, alterações podem ocasionar várias mudanças nos resultados de testes bioquímicos do soro sanguíneo.

Os exames hematológicos são de grande auxílio ao clínico veterinário para estabelecer o diagnóstico, estimar a gravidade da doença e, em alguns casos, determinar o prognóstico, além de monitorar a resposta à terapia (BARGER 2003). O conhecimento dos intervalos fisiológicos dos valores hematológicos torna-se necessário para auxiliar na compreensão das alterações provocadas por agentes patogênicos, estabelecendo os limites entre o estado de saúde e o de doença (MOORE 2000). Os parâmetros hematológicos e bioquímicos em macacos-da-noite já foram descritos na literatura (BAER 1994, BRIEVA *et al.* 2001, MONTEIRO *et al.* 2009a, TAKESHITA *et al.* 2011). Porém, muitas vezes os dados são conflitantes, visto terem sido realizados com indivíduos criados em diferentes ambientes, técnicas de manejo e estado sanitário. Além disso, existem poucas informações sobre o relacionamento entre testes hematológicos e bioquímicos com imagens ultrassonográficas (TAKESHITA *et al.* 2011).

Os centros de pesquisa que mantêm e trabalham com primatas precisam controlar a sanidade da colônia. Isso é importante para promover a qualidade da investigação e evitar a transmissão de patógenos aos tratadores e pesquisadores que trabalham com estes animais. O exame clínico, exames coproparasitológicos, exames bioquímicos e hematológicos, bem como a desinfecção das instalações e fômites são ferramentas essenciais para diagnosticar e controlar a disseminação de helmintos em cativeiro, especialmente na Amazônia, onde as condições climáticas favorecem a multiplicação desses patógenos (MONTEIRO *et al.* 2009).

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar alterações ultrassonográficas hepáticas e infecção parasitária em macacos-da-noite e seus efeitos sobre os valores hematológicos e bioquímicos séricos. A hipótese é que a despeito das afecções os testes laboratoriais sanguíneos podem não mostrar alterações.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais e condições de cativeiro

Todos os animais nasceram em cativeiro e pertenciam à colônia de reprodução do Centro Nacional de Primatas - CENP, localizado no município de Ananindeua, Pará, Brasil. O projeto experimental foi aprovado pelo Comitê

de Ética em Pesquisa com Animais do Instituto Evandro Chagas (protocolo CEPAN / IEC – nº 036/2008). Nenhum animal foi infectado experimentalmente neste estudo. Para identificação e controle, os macacos possuíam um código de três de letras tatuadas na face interna da coxa direita e “microchip” implantado na porção dorsal na região interescapular.

Foram avaliados 64 animais da colônia de macacos-da-noite do CENP (42 machos e 22 fêmeas), pertencentes a três faixas etárias: FE1 [3 meses a 1 ano, n=13; 7 machos e 6 fêmeas]; FE2 [2 a 6 anos, n=19; 12 machos e 7 fêmeas]; FE3 [acima de 7 anos, n=32; 22 machos e 10 fêmeas]. Os animais estavam alojados em pares, ou em grupos familiares de até quatro indivíduos, em recintos de alvenaria coberto com telhas e tela de arame (3,85 m de comprimento, 1,20 m de largura e 2,40 m de altura). Os recintos tinham orientação Norte-Sul, para receber aproximadamente 12 horas de luz natural, que proporcionou acesso regular ao sol durante o ano todo. Cada recinto continha garrafas externas para consumo de água, duas passarelas de madeira e tigelas para acesso aos alimentos.

Segundo manejo adotado pelo CENP, a dieta consistia de diversos tipos de frutas, legumes, raízes, tubérculos, leite, ovos, ração específica para Cebídeos com 18% de proteína bruta (Cebidae P18 Megazoo, Rações Megazoo, Betim, Minas Gerais, Brasil), com água *ad libitum*. Os animais também recebiam suplementação diária de aminoácidos, vitaminas, macro e micro minerais e 0,5 g de Aminomix Pet[®] (Vetnil Ind. e Cia, Produtos Veterinários Ltda, Louveira, São Paulo, Brasil) por kg de massa corporal.

Exames coproparasitológicos

Os exames coproparasitológicos foram realizados de acordo com o protocolo padrão estabelecido pelo CENP, mediante exame direto e técnicas de flutuação (WILLIS 1927) e sedimentação (HOFFMANN *et al.* 1934). O grau de infecção foi determinado pelo cálculo do número de campos microscópicos positivos (com presença de parasitas gastrintestinais). Valores que não excederam 25% dos campos indicavam baixa infecção, entre 25 e 50% de campos positivos o grau de infecção foi considerado moderado, e resultado superior a 50% como elevado grau de infecção (MONTEIRO *et al.* 2009a).

A cada seis meses, efetuava-se tratamento anti-helmíntico e os animais parasitados foram tratados por via oral com 9,5 mg pamoato de oxantel associado a 14,5 mg pamoato de pirantel por kg de peso corporal (Basken Suspensão, Konig do Brasil, Ltda), repetido após 15 dias. Como medida profilática, um maçarico foi utilizado a fim de eliminar os focos de contaminação de nematódeos nos recintos.

Hemograma e Bioquímica sérica

Com o animal contido fisicamente, amostras de sangue (3ml) foram coletadas da veia femoral. Foram utilizados tubos com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) para o hemograma e tubos sem anticoagulante para bioquímica clínica.

O hemograma foi realizado por meio de contador automático Melet Schloesing, modelo MS4+ (Melet Schloesing GmbH Central & Eastern Europe company, Sudstadtzentrum 1, Top 8, 2346 Maria Enzersdorf-Sudstadt, Áustria). A contagem diferencial de leucócitos foi feita em esfregaços sanguíneos corados com Panótico Rápido (Larboclin Ltda, Rua Cassemiro de Abreu, 521 Pinhais/PR, Brasil).

As determinações bioquímicas séricas foram realizadas em Sistema Vitros® DTSC II, DT60 e DTE2 (Johnson & Johnson Medical Argentina, San Isidro, Argentina), sendo determinadas as concentrações de Bilirrubina (BIL) e Proteínas Totais (PT) e avaliadas as atividades das enzimas Aspartato Aminotransferase (AST), Alanina Aminotransferase (ALT), Fosfatase Alcalina (FA) e Gama Glutamil Transferase (GGT).

Ultrassonografia

Cada animal foi capturado separadamente. O tratador foi instruído a entrar no recinto, colocar uma fruta dentro da caixa abrigo e induzir o animal a entrar na caixa que, em seguida, era fechada por meio de porta tipo guilhotina. Então, o indivíduo era transferido para uma caixa transporte de plástico (50 cm x 31 cm x 30 cm) e conduzido à sala de ultrassom.

Antes de iniciar o exame ultrassonográfico, os animais foram submetidos a jejum prévio de oito horas, com o intuito de diminuir a formação de gases e facilitar o enchimento da vesícula biliar. Entretanto, durante a realização do exame ultrassonográfico, os macacos foram alimentados com diversos tipos de frutas,

principalmente abacate, abacaxi, banana, goiaba, mamão, melancia e melão, para reduzir o estresse da contenção, como proposto por MONTEIRO *et al.* (2009b).

Os exames ultrassonográficos foram realizados com o aparelho de ultrassom Medical SonoAce 9900[®] (Medison Co. Ltd., Medison Venture Tower, 997-4, Daechi-dong, Kangnam-ku, Seoul, 135-280, Korea), equipado com transdutor de banda larga transabdominal linear multifrequencial (5-12 MHz). As imagens foram analisadas em monitor de 14", e registradas em papel térmico acoplado à impressora Sony[®] vídeo graphic printer VP 895 MD (Sony Corporation, Tokyo, Japan) e em CD-Rom R. Foi efetuada varredura ultrassonográfica do fígado, avaliando-se os contornos, a forma, a ecogenicidade e a ecotextura, de acordo com a técnica descrita por TAKESHITA *et al.* (2011).

Análise estatística

Foram calculados os parâmetros básicos da estatística descritiva (média, variância, desvio padrão) para todas as variáveis analisadas. Foram utilizados testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney com correção de Bonferroni para comparação entre as condições clínicas (saudáveis, alteração hepática e parasitados), sexo (macho e fêmea) e faixas etárias (FE1, FE2 e FE3). Todos testes foram realizados com nível de significância de até 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Aproximadamente 58% (37/64) dos animais foram considerados saudáveis e não apresentaram alterações nos exames ultrassonográficos e parasitológicos. Os animais com algum tipo de alteração hepática representaram 20% (13/64) dos indivíduos avaliados e em 22% (14/64) dos animais examinados observou-se algum tipo de parasitismo no exame coproparasitológico. As espécies de parasitos encontradas foram: *Trypanoxyuris* sp. (78,57%), *Chilomastix mesnilli* (7,14%), *Strongyloides stercoralis* (7,14%) e *Blastocystis hominis* (7,14%).

A Figura 1 apresenta a distribuição de frequência absoluta da sanidade dos animais em relação as FE1, FE2 e FE3. A frequência de animais com alteração hepática foi maior na FE3 em relação a FE1 ($p < 0,05$) e FE2 ($p > 0,05$). Não houve diferença significativa na distribuição de frequência relativa da sanidade em relação a machos e fêmeas.

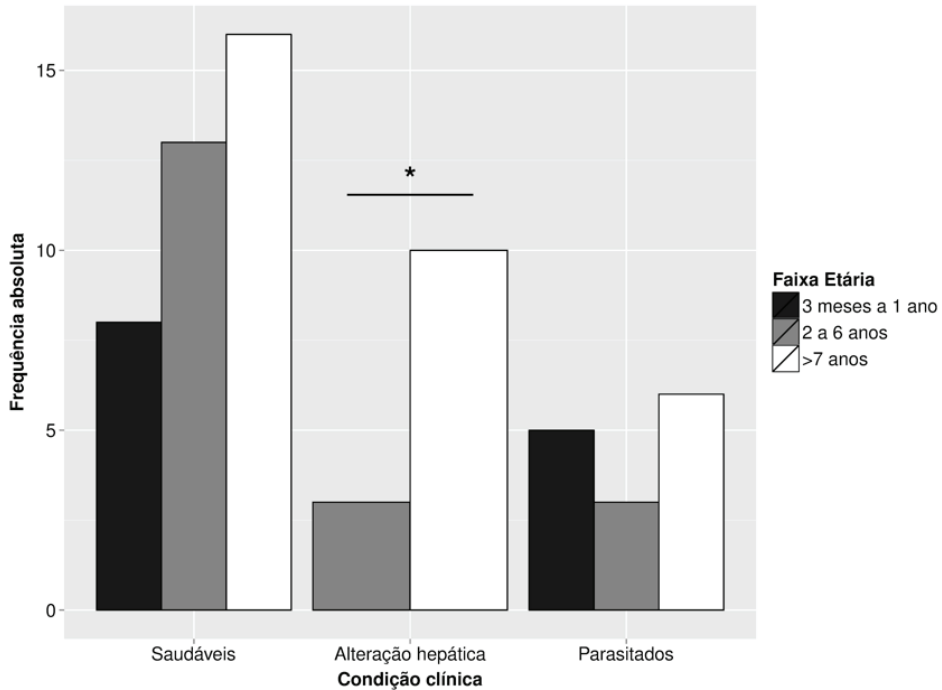


Figura 1 Distribuição de frequência absoluta da sanidade dos animais em relação as faixas etárias (* $p < 0,05$).

A Tabela 1 contém os valores do hemograma e da bioquímica sérica para as condições saudáveis, alteração hepática e parasitados. Os animais parasitados apresentaram menor número de plaquetas (Kruskall-Wallis $X^2=8,82$; $p=0,01$), em comparação com os animais saudáveis ($p=0,02$) ou com alterações hepáticas ($p=0,04$).

A bioquímica sérica demonstrou que macacos com alterações hepáticas mostraram maior concentração de proteínas totais (Kruskall-Wallis, $X^2=8,44$; $p=0,01$) comparativamente ao grupo saudável (Mann-Whitney com correção de Bonferroni; $p=0,02$), mas apresentaram concentrações similares ao grupo de animais parasitados ($p=1,00$).

Dos 37 animais considerados saudáveis 42,2% apresentaram o fígado localizado posterior ao diafragma, principalmente na posição central e dorsal, deslocado ligeiramente para o lado direito, sendo a maior parte protegido pelo arco costal. O fígado foi caracterizado como órgão de parênquima homogêneo, ecogenicidade

Tabela 1 Comparação entre os parâmetros do hemograma e bioquímica sérica de macacos-da-noite saudáveis, com alteração hepática e parasitados.

Parâmetros	Saudáveis (n=37)	Alteração hepática (n=13)	Parasitados (n=14)	Kruskal-Wallis
Hematócrito (%)	44,75±4,07	47,55±5,27	45,46 ±3,22	X ² =4,09; p=0,12
Hemácias (x10 ⁶ /mm ³)	5,87±0,56	6,20±0,59	5,84±0,39	X ² =4,41; p=0,11
Hemoglobina (g/dl)	15,36±1,50	16,13±1,99	15,37±1,04	X ² =2,44; p=0,29
MCV (fl)	76,43±2,76	76,55±3,07	77,70±2,88	X ² =1,56; p=0,46
MCH (pg)	26,15±1,40	26,06±1,49	26,21±1,19	X ² =0,03; p=0,99
MCHC (%)	34,26±1,43	33,90±1,23	33,79±0,74	X ² =0,86; p=0,65
Leucócitos (x10 ³ /mm ³)	12,02±3,58	14,76±6,14	12,02±3,95	X ² =2,10; p=0,35
Plaquetas (x10 ³ /mm ³)	130,81±74,50 ^A	128,83±59,81 ^A	90,00±46,27 ^B	X ² =8,82; p=0,01
Basófilos (x10 ³ /mm ³)	0,03±0,08	0,06±0,11	0,03±0,08	X ² =2,13; p=0,34
Eosinófilos (x10 ³ /mm ³)	2,06±2,34	1,13±0,84	1,07±1,12	X ² =2,16; p=0,34
Segmentados (x10 ³ /mm ³)	4,68±1,82	3,43±1,41	3,49±1,62	X ² =2,61; p=0,27
Linfócito (x10 ³ /mm ³)	7,25±2,39	8,43±3,62	7,19±3,29	X ² =1,40; p=0,50
Bilirrubina (mg/dl)	0,58±0,24	0,63±0,23	0,71±0,22	X ² =3,88; p=0,14
Fosfatase Alcalina (UI/l)	223,69±260,18	128,62±50,52	318,21±378,30	X ² =0,93; p=0,63
AST (UI/l)	195,62±152,01	208,00±227,92	198,57±192,85	X ² =1,04; p=0,59
ALT (UI/l)	66,80±44,58	57,23±53,98	64,71±55,80	X ² =1,84; p=0,40
GGT (UI/l)	58,96±16,96	51,10±26,65	60,00±6,93	X ² =0,32; p=0,85
Proteína total (g/dl)	7,1±0,47 ^A	7,73±0,42 ^B	7,5±0,81 ^{A,B}	X ² =8,44; p=0,01

MCV- Volume Corpuscular Médio; MCH- Hemoglobina Corpuscular Média; MCHC- Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média; AST- *Alanina* Transaminase; ALT- Alanina Aminotransferase; GGT- Gama Glutamil Transpeptidase. Diferentes letras na mesma linha indicam p<0,05.

uniforme e contornos regulares. Evidenciou-se a vesícula biliar repleta por conteúdo anecóico e paredes ecogênicas (Figura 2A). As veias cava caudal e porta apareceram com lúmen anecóico e limites bem definidos, porém diferente da veia cava e veias hepáticas, a parede dos vasos portais apresentou-se hiperecogênica.

A ultrassonografia hepática revelou alterações em 13 animais, das quais nove foram parenquimatosas (Figura 2) e quatro no aspecto ecogênico da vesícula biliar (Figura 3). Em sete indivíduos observou-se parênquima com ecotextura de aspecto nodular difuso (Figura 2B) e em dois foi possível notar aumento da ecogenicidade do parênquima hepático com atenuação posterior do feixe sonoro compatíveis com infiltração lipídica (esteatose) (Figura 2C).

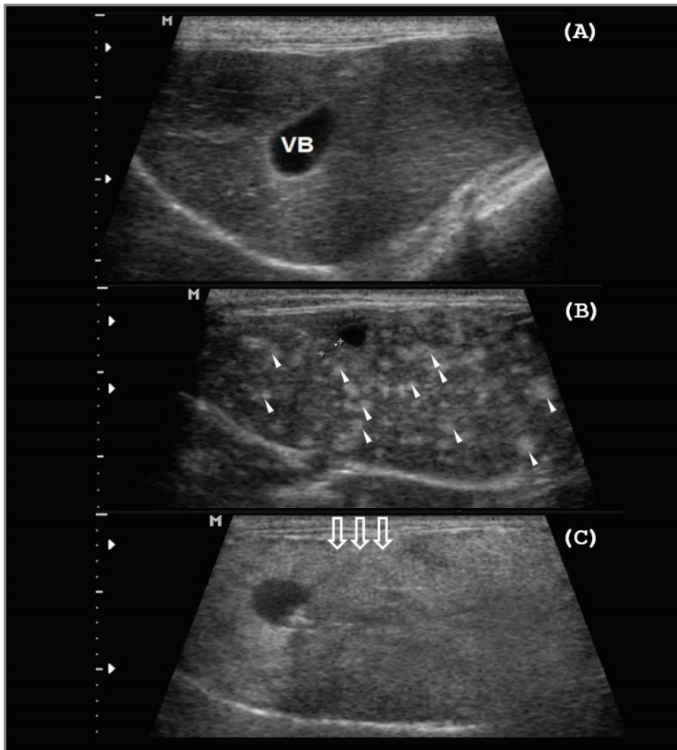


Figura 2 Corte longitudinal do parênquima hepático de *Aotus azarai infulatus*. (A) Aspecto ecogênico do parênquima hepático de animal saudável: homogêneo, uniforme e com contornos regulares, vesícula biliar (VB) repleta por conteúdo anecóico e paredes normoecogênicas. (B) Alteração na ecogenicidade do parênquima de aspecto nodular difuso, espessamento da parede da vesícula biliar (0,27cm). (C) Aumento da ecogenicidade do parênquima hepático com atenuação posterior do feixe sonoro, que foi considerado como indicativo de esteatose, vesícula biliar com conteúdo anecóico.

Em dois indivíduos havia presença de septação na vesícula (Figura 3A), um animal apresentou colelitíase vesical de aspecto hiperecogênico (Figura 3B), e outro não foi possível visualizar a vesícula biliar, sugestivo de agenesia ou colecistectomia.

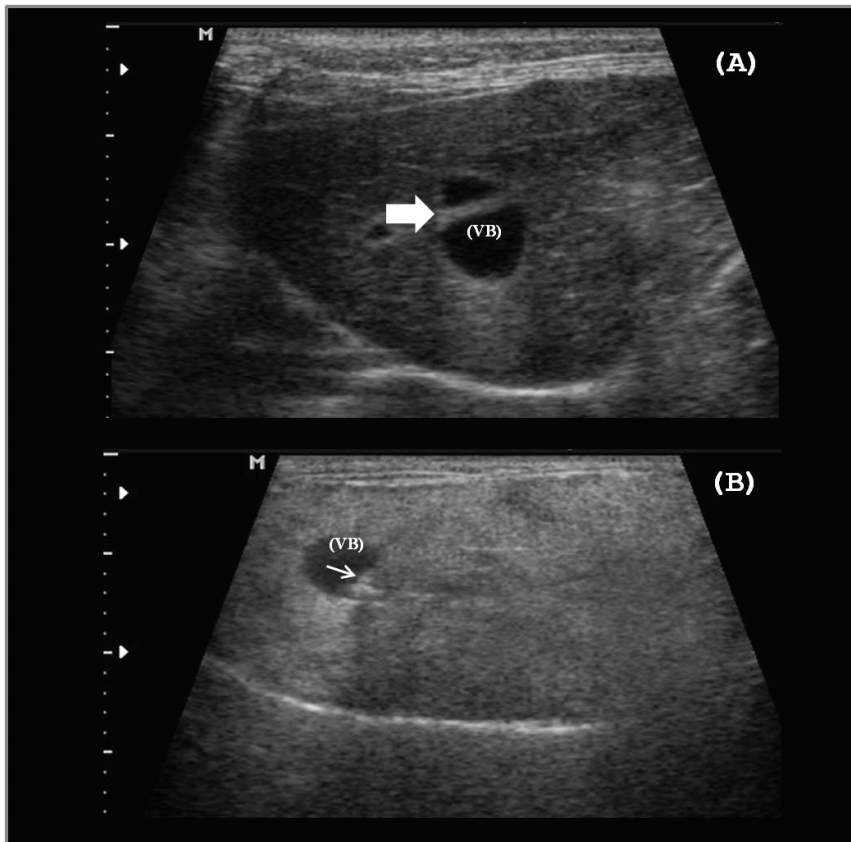


Figura 3. Corte longitudinal do parênquima hepático de *Aotus azarai infulatus*. (A) Vesícula biliar (VB) com presença de septo ecogênico (seta grossa). (B) Vesícula biliar com conteúdo hiperecogênico sugestivo de presença de colelitíase (seta fina).

DISCUSSÃO

Os resultados dos exames coproparasitológicos demonstraram o oxiurídeo *Trypanoxyurus* sp. como principal parasita dos animais avaliados. Resultados semelhantes foram descritos por outros estudos (TANTALEÁN & GOZALO 1994, MICHAUD *et al.* 2003, MONTEIRO *et al.* 2009). Apesar do parasitismo, os animais não demonstraram diferenças significativas, quando comparados aos saudáveis, em relação ao número de eosinófilos e basófilos na análise do hemograma. Esses achados estão de acordo com o previamente descrito sobre o baixo grau de patogenicidade dos oxiurídeos (FELT & WHITE 2006; MONTEIRO *et al.* 2009). O parasitismo por *Strongyloides stercoralis* também foi relatado em orangotangos (*Pongo abelii*), sendo responsável por grande parte das infecções parasitárias desses animais em cativeiro (MUL *et al.* 2007). Os mesmos autores atribuíram a causa ao contato com humanos e as más condições de higiene.

Nos animais parasitados notou-se número significativamente menor de plaquetas. A associação entre trombocitopenia e parasitismo foi observada em camundongos experimentalmente infectados com *Trypanosoma cruzi* (CARDOSO & BRENER 1980) e cães com endoparasitas (DE ANDRADE SILVA *et al.* 2010). Em primatas não humanos não foram encontrados trabalhos demonstrando associação entre parasitismo e trombocitopenia. Dentre as causas de trombocitopenia estão a diminuição da produção pela medula óssea, o aumento da destruição ou consumo, a distribuição plaquetária anormal (esplenomegalia) e a perda excessiva por hemorragia externa (BUSH 2004). A frequência de parasitismo não foi influenciada pelo sexo ou faixa etária.

Com relação à frequência dos indivíduos portadores de lesões hepáticas, não houve relação com sexo, mas a maioria dos animais pertenciam à FE3. Estudos em humanos indicam que idosos são mais susceptíveis às doenças hepáticas, devido diversos fatores, incluindo redução do volume hepático, acúmulo de lipofuscina, e aumento do stress oxidativo, o que resulta na redução da capacidade metabólica do órgão (SCHMUCKER 2005).

No presente estudo observou-se aumento da proteína sérica em indivíduos hepatopatas. Em lesões hepáticas, geralmente, observa-se redução na

concentração de proteínas devido à incapacidade do fígado sintetizar proteínas, principalmente albumina (BUSH 2004). Entretanto, em hepatites crônicas pode ser observado aumento da fração globulínica, podendo resultar em elevação das concentrações de proteínas totais (THRALL 2006). Porém, não foi possível estabelecer a etiopatogenia das lesões, que pudesse explicar a relação com o aumento das proteínas.

Do ponto de vista ultrassonográfico, o parênquima hepático dos animais saudáveis mostrou-se semelhante aos estudos anteriores com macacos-da-noite (TAKESHITA *et al.* 2011) e macacos-prego (ALVES 2007). As lesões nodulares de aspecto hiperecogênico promoveram heterogenicidade no parênquima hepático dos animais com hepatopatias. Isso pode ser explicado em decorrência das múltiplas interfaces entre as lesões e os espaços vasculares (KUROSAKI 1993). A hiperplasia nodular hepática tem sido bastante descrita em cães, nas formas focal e difusa (BERGMAN 1985). Em humanos, é o segundo mais comum tumor hepático benigno, depois do hemangioma, correspondendo a 8% de todos os tumores hepáticos primários. Apresenta-se, na maioria das vezes, como um nódulo solitário (BIECKER 2003). Segundo TEIXEIRA *et al.* (2007), os testes de função hepática em humanos também se mostraram normais, a despeito da massa nodular presente no tecido hepático. Isso pode ser explicado devido à capacidade do fígado em suportar grandes danos sem que haja considerável comprometimento da função (CÂMARA NETO *et al.* 1999).

A lipídose hepática foi descrita em várias espécies de primatas (BRONSON *et al.* 1982) e nas espécies domésticas (BIOURGE 1993, RICHTER 2005). Segundo BIOURGE (1993), a principal causa atribuída ao acúmulo de lipídeos no interior dos hepatócitos é a deficiência nutricional múltipla associada à ingestão excessiva de calorias e gordura. O presente estudo evidenciou imagens sugestivas de esteatose hepática em decorrência do aumento da ecogenicidade do parênquima com atenuação posterior do feixe sonoro. Entretanto, devido à baixa ocorrência não foi possível graduar o nível de esteatose relação às imagens ultrassonográficas. Em humanos portadores de hepatite crônica pelo vírus C foi citado ser a atenuação o componente ultrassonográfico com melhor correlação em relação à esteatose hepática (MATSUOKA 2008).

A vesícula biliar dos macacos saudáveis preservou as mesmas características das espécies domésticas (NYLAND 2002) e macacos-da-noite (TAKESHITA *et al.* 2011). Por sua vez, das alterações detectadas na vesícula biliar em quatro animais algumas são consideradas relativamente comuns em algumas espécies de primatas (PISSINATTI *et al.* 1992), carnívoros (LÉVEILLÉ *et al.* 1996) e mesmo no homem (SHEA *et al.* 1994, PANDEY *et al.* 1996, PETRONI *et al.* 2000). PEKOW *et al.* (1995) relatam formação de pedras vesiculares em *Aotus* induzida por dieta de colesterol. O mesmo pode ter ocorrido em um dos casos do presente estudo. No entanto, é preciso considerar outras causas, visto que a afecção foi descrita em *Callithrix* sp., porém por desenvolvimento espontâneo (PISSINATTI *et al.* 1992).

O septo vesicular, de acordo com a literatura, é um achado raro. Em pacientes humanos, a incidência de anomalias vesiculares foi de 0,1% (JOHNSON 1987). MARTINOH *et al.* (1993) descreveram que a vesícula biliar septada é uma anomalia congênita, raramente relatada, pois usualmente os pacientes são assintomáticos. A não visibilização da vesícula em um dos animais neste estudo pode ser explicada pela baixa quantidade de conteúdo biliar, que impossibilitou a formação de janela acústica. Porém, o fato dos indivíduos terem sido submetidos a jejum prévio de 8 horas sugere uma possível alteração patológica, pois nesta condição a vesícula biliar deveria estar repleta. A literatura relata que a agenesia da vesícula biliar é rara em humanos, resultante de alteração no desenvolvimento do broto ventral da parte mais caudal do intestino anterior, que ocorre na 4ª semana de gestação (PELOPONISSIOS *et al.* 2005).

Apesar das diferenças no plaquetograma e na concentração de proteínas sérias encontradas no presente estudo, o tipo de parasitismo e as lesões hepáticas encontradas não influenciaram nos resultados dos exames laboratoriais quando comparados aos animais saudáveis. Isso pode ser explicado pela baixa sensibilidade diagnóstica dos exames hematológicos, que só se alteram quando, aproximadamente, 80% da função hepática está comprometida (THRALL 2006). Dessa forma, o presente estudo demonstrou que exames laboratoriais rotineiros devem ser combinados a outras avaliações, a exemplo das técnicas de diagnóstico por imagem, úteis no monitoramento da sanidade de colônias de primatas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro ao CNPq (CHAMADA UNIVERSAL – MCTI/CNPq N ° 14/2012, Faixa A) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - PROCAD-NF n ° 21/2009. Gostaríamos também de agradecer ao Centro Nacional de Primatas (CENP) e da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F.R., COSTA, F.B., AROUCHE, M.M.S., BARROS, A.C.E., MIGLINO, M.A., VULCANO, L.C., GUERRA, P.C. 2007. Avaliação ultra-sonográfica do sistema urinário, fígado e útero do macaco-prego, *Cebus apella*. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 27 (9): 377-382.
- BAER, J.F. 1994. Husbandry and Medical Management of the owl monkey, p. 133-164. In: BAER, J.F., WELLER, R.E., KAKAOMA, I. *Aotus: the owl monkey*. Academic Press, San Diego.
- BARGER, A.M. 2003. The complete blood cell count: a powerful diagnostic tool. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice** 33: 1207-1222.
- BERGMAN, J.R. 1985. Nodular hyperplasia in the liver of the dog: an association with changes in the Ito cell population. **Veterinary Pathology** 22 (5): 427-438.
- BIECKER, E., FISCHER, H.P., STRUNK, H., SAUERBRUCH, T. 2003. Benign hepatic tumours. **Zeitschrift für Gastroenterologie** 41: 191-200.
- BIOURGE, V.C. 1993. Sequential findings in cats with hepatic lipodosis. **Feline Practice** 21 (1): 25-28.
- BRIEVA, C., OMERÓ, P.R., UMAÑA, J., HERRERA, S., BARREIRO, R. 2001. Hematología y química sanguínea en primates *Aotus lemurinus griseimembra* en cautiverio. **Boletín Geas** 2: 36-42.
- BRONSON, R.T., O'CONNELL, M., KLEPPER-KILGORE, N., CHALIFOUX, L.V., SEHGAL, P. 1982. Fatal fasting syndrome of obese macaques. **Laboratory Animal Science** 32 (2): 187-192.
- BUSH, B.M. 2004. **Interpretação de resultados laboratoriais para clínicos de pequenos animais**. São Paulo: Roca.
- CÂMARA NETO, R.D., SOUZA, A.P., COELHO, A.R.B., FERRAZ, A.A.B., CAMARA NETO, J.B. 1999. Isquemia normotérmica y reperusión de hígado en perros: evaluación de las concentraciones séricas en enzimas hepatocelulares. **Revista Colombiana de Cirugía** 14 (2): 122-128.
- CARDOSO, J.E., BRENER, Z. 1980. "Hematological changes in mice experimentally infected with *Trypanosoma cruzi*." **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 75 (3-4): 97-104.

- CARVALHO, L.J.M., ALVES, F.A., OLIVEIRA, S.G., VALLE, R.D.R., FERNANDES, A.A.M., MUNIZ, J.A.P.C., RIBEIRO, C.T.D. 2003. Severe anemia affects both splenectomized and non-splenectomized *Plasmodium falciparum* – infected *Aotus infulatus* monkeys. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 98 (5): 679-686.
- DE ANDRADE SILVA, BRUNO J., ISABEL MA FREIRE, AND WELLINGTON B. DA SILVA. 2010. Avaliação das alterações hematológicas nas infecções por helmintos e protozoários em cães (*Canis lupus familiaris*, Linnaeus, 1758). **Neotropical Helminthology** 4 (1): 37-48.
- FELT, S.A., WHITE, C.E. 2006. Evaluation of a timed and repeated perianal tape test for the detection of pinworms (*Trypanoxyuris micrion*) in owl monkeys (*Aotus nancymae*). **Journal of Medical Primatology** 34: 209-214
- HOFFMAN, W.A., PONS, J.A., JANER, J.L. 1934. The sedimentation concentration method in *Schistosoma mansoni*. **Journal of Tropical Medicine and Public Health** 9: 283-298.
- JOHNSON, S.R. 1987. Development of the liver and biliary apparatus. In: **Cunninghams Text Book of Anatomy**, 12th ed. Ed Romanes GJ Oxford, Oxford University Press.
- KUROSAKI, Y. 1993. Clinical application of ultrasound. In: LYGIDAKIS NJ, MAKUUCHI M (Eds). **Pitfalls and complications in the diagnosis and management of hepatobiliary and pancreatic diseases. Surgical, medical and radiological aspects**. 1st ed. New York, NY: Thieme Med Publ, 1993:12-16.
- LÉVEILLÉ, R., BILLER, D.S., SHIROM, J.T. 1996. Sonographic evaluation of the common bile duct in cats. **Journal of Veterinary Internal Medicine** 10: 296-299.
- MARTINOH, C., DERCHI, L.E., PASTRONNO, C., CITTADIM, G. 1993. Imaging of a bilobed gall bladder. **British Journal of Radiology** 66: 734-736.
- MATSUOKA, M.W. 2008. Contribuição da ultra-sonografia para o diagnóstico das alterações histopatológicas presentes na hepatite C crônica, com ênfase na esteatose hepática. **Radiologia brasileira** 41 (6): 396.
- MICHAUD, C., TANTALEAN, M., IQUE, C., MONTOYA, E., GOZALO, A. 2003. A survey for helminth parasites in feral New World non-human primate populations and its comparison with parasitological data from man in the region. **Journal of Medical Primatology** 32 (6): 341-345.
- MONTEIRO, F.O.B., COUTINHO, L.N., ARAÚJO, K.F., MONTEIRO, M.V.B., CASTRO, P.H.G., SILVA, K.S.M., BENIGNO, R.N.M., VICENTE, W.R.R 2009. Biochemical and haematological parameters in owl monkeys infected and uninfected with *Trypanoxyuris* sp. **Journal of Helminthology** 83: 225–229.

- MOORE, D.M. 2000. Hematology of nonhuman primates, p. 1133-1144. *In*: FELDMAN, ZINKL, JAIN. (Eds.). **Schalm's Veterinary Hematology**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- MUL, I.F., PAEMBOAN, W., SINGLETON, I.A.N., WICH, S.A., VAN BOLHUIS, H.G. 2007. Intestinal parasites of free-ranging, semicaptive, and captive *Pongo abelii* in Sumatra, Indonesia. **International Journal of Primatology** **28**: 407-420.
- NYLAND, T.G., MATTON, J.S., HERGESELL, E.J., WISNER, E.R. 2002. *In*: NYLAND T.G. (Ed), **Small Animal Ultrasound**. 2nd ed. Philadelphia: Saunders Company.
- PANDEY, M., KHATRI, A.K., SOOD, B.P., SHUKLA, R.C., SUKLA, V.K. 1996. Cholecystosonographic evaluation of the prevalence of gallbladder disease: a university hospital experience. **Clinical Imaging** **20**: 269-272.
- PEKOW, C.A., WELLER, R.E., SCHULTE, S.J., LEE, S.P. 1995. Dietary induction of cholesterol gallstones in the owl monkey: preliminary findings in a new animal model. **Laboratory animal science** **45** (6): 657-662.
- PÉREZ, D.N., BELLVER, V.O., PLASENCIA, M.A.P., HAYM, M.B., GARCÍA, J.P. 2001. Enfermedades hepáticas y gestación. **Anales de Medicina Interna** **18** (10): 51-59.
- PETRONI, M.L., JAZRAWI, R.P., PAZZI, P., ZUIN, M., LANZINI, A., FRACCHIA, M., FACCHINETTI, D., ALVISI, V., FERRARIS, R., BLAND, J.M., HEATON, K.W., PODDA, M., NORTHFIELD, T.C. 2000. Risk factors for the development of gallstone recurrence following medical dissolution. The British-Italian Gallstone Study Group. **European Journal of Gastroenterology & Hepatology** **12**: 695-700.
- PELOPONISSIOS, N., GILLET, M., CAVIN, R., HALKIC, N. 2005. Agenesis of the gallbladder: a dangerously misdiagnosed Malformation. **World Journal of Gastroenterology** **11**(39):6228-31.
- PISSINATTI, A., CRUZ, J.B., NASCIMENTO, M.D., ROCHA E SILVA, R., COIMBRA-FILHO, A.F. 1992. Spontaneous gallstones in marmosets and tamarins. **Folia Primatologica** **59**: 44-50.
- RICHTER, K.P. 2005. Doenças do fígado e do sistema hepatobiliar. *In*: TAMS, T.R. **Gastroenterologia de pequenos animais**. 2. ed. Roca, São Paulo.
- SHEA, J.Á., BERLIN, J.Á., ESCARCE, J.J., CLARKE, J.R., KINOSIAN, B.P., CABANA, M.D., TSAI, W.W., HORANGIC, N., MALET, P.F., SCHWARTZ, J.S. 1994. Revised estimates of diagnostic test sensitivity and specificity in suspected biliary tract disease. **Archives of Internal Medicine** **154**: 2573-2581.
- SCHMUCKER, D.L. 2005. Age-related changes in liver structure and function: implications for disease? **Experimental gerontology** **40.8** :650-659.

- TAKESHITA, R.S.C., MONTEIRO, F.O.B., LINS, F.L.M.L., SILVA, G.A., FATURI, C., COUTINHO, L.N., MONTEIRO, M.V.B., KUGELMEIER, T., CASTRO, P.H.G., MUNIZ, J.A.P.C. 2011. Hematological, hepatic, and renal evaluation in *Aotus azarai infulatus*. **Journal of Medical Primatology** 40: 104 - 110.
- TANTALEÁN, M., GOZALO, A. 1994. Parasites of the *Aotus* Monkey. In: BAER, WELLER, KAKAOMA (eds). ***Aotus: The Owl Monkey***. Academic Press, San Diego. 353–374.
- TEIXEIRA, M.S., FALEIROS, F.T.V., GRIVA, B.L., KIY, Y., MORIGUCHI, S.M., TEIXEIRA, A.S., KATEGAWA, B., COELHO, K.I.R.C., COELHO, C.A.R. 2007. Hiperplasia Nodular Focal Do Fígado: Apresentação de um caso e revisão da literatura. **Radiologia Brasileira** 40 (4): 283-285.
- THRALL, M.A. 2006. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. Rocca, São Paulo.
- WILLIS, H.H.A. 1927. Simple levitation method for the detection of hookworm ova. **Medical Journal of Australia** 8: 375-376.

CAPÍTULO 25

Parasitas intestinais em guaribas-de-mãos-ruivas *Alouatta belzebul* de um fragmento de mata atlântica no nordeste do Brasil

Fátima Luciana Miranda Camarotti ¹, Dijanah Cota Machado ¹, Julianne Moura da Silva ², Bruna Martins Bezerra ³, Maria Adélia Borstelmann de Oliveira ², Bruno Severo Gomes ⁴ & Valdir Luna da Silva ¹

¹Laboratório de Fisiologia Comparada e Comportamento Animal, Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Universidade Federal de Pernambuco.

²Laboratório de Ecofisiologia e Comportamento Animal, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

³Laboratório de Etologia, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco.

⁴Laboratório Central do CCB, Departamento de Micologia, Universidade Federal de Pernambuco.

RESUMO

Estudos sobre o perfil parasitário de espécies silvestres pode ajudar a entender seu status de conservação, principalmente em ambientes fragmentados. A espécie guariba-de-mãos-ruivas, *Alouatta belzebul*, encontra-se com o status de “vulnerável à extinção” na lista vermelha da IUCN, sendo sua situação no Nordeste Brasileiro preocupante diante dos impactos da caça, redução de seus habitats e consequente contato com a população humana em torno de seu ambiente natural. Esse contato é preocupante para a conservação dos guaribas, tendo em vista a potencial transmissão de patógenos entre homem-animal, apresentando risco para saúde de ambos. Neste sentido, para investigar o potencial de transmissão de patógenos, coletamos 15 amostras fecais de guaribas-de-mãos-ruivas vivendo em um fragmento de Mata Atlântica, do Engenho Sacramento, em Água Preta, Pernambuco, Brasil. Esta é a última população da espécie

conhecida no estado. As amostras foram coletadas de forma não invasiva, nos meses de março e abril de 2013. Uma análise qualitativa dos parasitas intestinais foi realizada. Foram encontrados ovos de helmintos das famílias Ascarididae, Ancylostomatidae, Oxyuridae e Trichuridae, e também cistos e trofozoítos de protozoários da família Balantidiidae. Algumas espécies desses parasitas podem ser encontradas em seres humanos, sugerindo que a ação antrópica no entorno, e dentro do fragmento de mata, seja uma provável fonte de infecção para os primatas investigados. Entretanto, não se pode descartar a possibilidade de ocorrência natural desses parasitas nos guaribas. Ações imediatas para diminuir a contaminação e o risco de desenvolvimento de zoonoses na área são de extrema importância.

Palavras-chaves: primata Neotropical, distúrbios antrópicos, conservação.

ABSTRACT

Studies on the parasitic profile of wild species can help to understand their conservation status, particularly in fragmented areas. The red-handed howler monkey, *Alouatta belzebul*, is considered “Vulnerable” by the IUCN red list. Its situation in the Brazilian Northeast is of concern due to hunting pressure, increasing habitat destruction and consequent contact with the local human population. This contact becomes alarming, considering the potential risk for pathogen transmission between howlers and local humans. To investigate this risk, we collected 15 faecal samples from red-handed howler monkeys living in a fragment of Atlantic Forest in Água Preta, Pernambuco. This is the last known population of the species in the State. The samples were collected non-invasively, in the months of March and April 2013. A qualitative analysis of intestinal parasites was performed. We found helminth eggs belonging to the families Ascarididae, Ancylostomatidae, Oxyuridae and Trichuridae. We also found protozoan cysts and trophozoites belonging to the family Balantidiidae. Some species of these parasites can occur in humans, suggesting that the illegal anthropogenic disturbance in the area may be the cause of transmission of these parasites to the howler population. However, one can not rule out the possibility of natural occurrence of these parasites in howler monkeys. Immediate action to reduce contamination and the risk of zoonoses in the area is of extremely importance.

Key-words: Neotropical primate, anthropogenic disturbances, conservation.

INTRODUÇÃO

Os guaribas-de-mãos-ruivas *Alouatta belzebul* Linnaeus, 1766, ocorrem na Floresta Amazônica e também em parte da Mata Atlântica do Nordeste Brasileiro (Bicca-Marques et al., 2006). Impactos da caça e perda da cobertura vegetal através da redução dos seus habitats, vem lhes atribuindo o status de “vulnerável à extinção” (IUCN, 2013).

Apesar de pouco se saber a respeito dos efeitos da fragmentação para essa espécie (Arroyo-Rodríguez & Dias, 2010), macacos do gênero *Alouatta* são conhecidos por sua grande capacidade de sobreviver em fragmentos de poucos hectares e antropicamente perturbados (Bicca-Marques, 2003). Contudo, foram encontradas evidências que indicam que a perda de habitat afeta de forma negativa a distribuição e abundância desses primatas (Arroyo-Rodríguez & Dias, 2010). Em se tratando de primatas arborícolas, a fragmentação de habitats pode obrigá-los a descer ao chão, principalmente durante a escassez de alimentos, para se deslocarem (Santa Cruz *et al.*, 2000), o que pode levar uma maior incidência de infecção parasitária (Stuart & Strier, 1995; Santa Cruz et al., 2000). Além disso, a repetição de rotas diárias com o uso constante das mesmas árvores contribui para a prevalência de parasitas (Stuart et al, 1990; Kowalewski & Zunino, 1999). De acordo com Stuart & Strier (1995) e Maldonado-López e colaboradores (2014), em populações de primatas, a riqueza e a prevalência de espécies endoparasitas estão associadas a características do próprio hospedeiro, envolvendo o estado reprodutivo e social, o sexo, a densidade da população hospedeira além de fatores ambientais, como a temperatura e a umidade.

Conhecer sobre a relação parasito-hospedeiro é de suma importância para se monitorar ecossistemas perturbados, possibilitando uma melhor aplicação dos planos de manejo de espécies ameaçadas (Angonesi et al., 2009), como também daquelas espécies que se tornam vulneráveis devido à ação antrópica. Contatos entre os guaribas e a população no entorno do fragmento é preocupante para a conservação da espécie em apreço, pois a frequente utilização da mata por homens e seus animais domésticos acrescem a possibilidade de transmissão de

patógenos. No sentido de se evidenciar esse potencial de transmissão e consequentemente entender mais sobre a conservação do *Alouatta belzebul* em uma área remanescente de Mata Atlântica do Estado de Pernambuco, o presente estudo objetivou investigar qualitativamente os parasitas intestinais dessa espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram analisadas 15 amostras fecais coletadas nos meses de março e abril de 2013, de um pequeno grupo familiar composto por quatro animais: dois machos (um adulto e um jovem) e duas fêmeas adultas de *Alouatta belzebul* de um fragmento de Mata Atlântica de 180 hectares (Almeida et al., 1995), pertencente ao Engenho Sacramento (08°42'S, 35°24'W), localizado no município de Água Preta, Pernambuco.

As fezes foram coletadas no solo imediatamente após a defecação dos animais. As amostras foram acondicionadas de forma apropriada em coletores universais, conservadas com formol a 10% e encaminhadas ao laboratório de Fisiologia Comparada e Comportamento Animal da Universidade Federal de Pernambuco, para posterior análise microscópica. Foi adotado o Método de Sedimentação Espontânea (Hoffman et al., 1934) para a pesquisa qualitativa de ovos, larvas de helmintos e cistos de protozoários, sendo realizada leitura de 5 lâminas de cada amostra. A identificação das estruturas parasitárias foi realizada com microscópio óptico comum (modelo: EDUTEC 504C.PL.INF/10X) em aumento de 100x e 400x. A fotomicrografia foi realizada em câmera Nikon Coolpix S2500.

Para determinar o tamanho das estruturas parasitárias, foi utilizada uma ocular micrométrica e as dimensões (média \pm desvio padrão) obtidas foram expressas em micrômetros (μm).

A prevalência, em porcentagem, dos endoparasitas identificados nas fezes foi estimada por meio do cálculo (Bush et al., 1997):

$$P = \frac{\text{NAP}}{\text{NTA}} \times 100$$

Onde, “P” é a prevalência, “NAP” é o número de amostras positivas para cada espécie parasitária e “NTA” é o número total de amostras.

RESULTADOS

Todas as amostras (n=15) apresentaram positividade para pelo menos uma espécie de parasita. Foram encontrados ovos de helmintos das famílias Ascarididae, Ancylostomatidae, Oxyuridae e Trichuridae, e também cistos e trofozoítos de protozoários da família Balantidiidae (Figura 1).

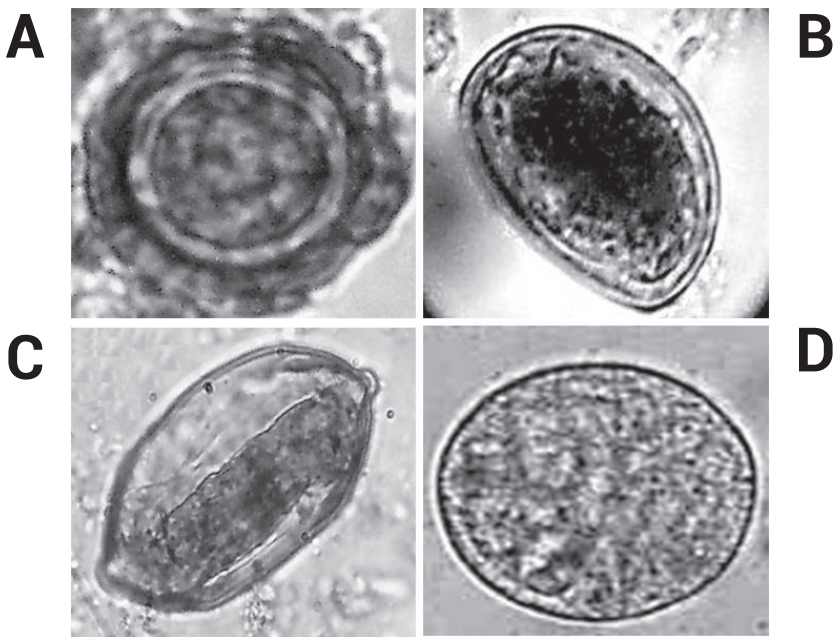


Figura 1. Estruturas parasitárias encontradas nas fezes do primata *Alouatta belzebul*. (A) ovo da família Ascarididae; (B) ovo da família Oxyuridae; (C) ovo da família Trichuridae; e (D) cisto da família Balantidiidae.

A prevalência parasitária variou entre as diversas espécies. Foi encontrada uma maior prevalência para parasitas pertencentes à família Ascarididae, seguida dos parasitas das famílias Oxyuridae e Balantidiidae. Na Tabela 1 é apresentada a prevalência, bem como a média das dimensões (amplitudes) em micrômetros das estruturas parasitárias.

Tabela 1. Parasitas intestinais de um grupo de guaribas-de-mãos-ruivas *Alouatta belzebul* do Engenho Sacramento, Água Preta, Pernambuco. *DP=desvio padrão.

Endoparasita	Amostras Positivas (n=15)	Prevalência (%)	Dimensões média±DP* (μm)
Filo Ciliophora			
Família Balantidiidae			
Cisto	7	46,67	46,2x44,2 ± 10,4x11,6
Trofozoíto	7	46,67	49,5x29,1 ± 7,0x4,3
Filo Nematoda			
Família Ascarididae	9	60	24,0x26,4 ± 1,2x4,7
Família Ancylostomatidae	2	13,3	54,45x34,65 ± 2,33x2,33
Família Oxyuridae	7	46,67	50,33x35,67 ± 7,46x6,18
Família Trichuridae	1	6,67	84,7x47,3 ± 1,9x1,9

DISCUSSÃO

Por viverem em grupos sociais coesos, a maioria das espécies de primatas não humanos, podem ser acometidos por parasitas intestinais, o que os tornam vulneráveis aos efeitos do parasitismo, facilitando a transmissão entre os membros do grupo (Stoner, 1996; Martins et al., 2008). Representantes do Filo Nematoda foram os mais encontrados no presente estudo, sendo aqueles pertencentes à família Ascarididae os de maior prevalência (60% das amostras). A mesma predominância foi encontrada em *Alouatta palliata palliata*, onde o grau de infestação por esses parasitas pode variar de não patogênico a muito patogênico (Stuart & Strier, 1995).

A família Oxiuridae foi o segundo helminto de maior prevalência nas amostras fecais de *Alouatta belzebul* do grupo estudado na Mata Atlântica, sendo esses parasitas também constatados para a espécie vivendo na Amazônia (Vicente et al., 1997; Martins, 2002), e para outras espécies do gênero *Alouatta* (Stuart et al., 1998; Trejo-Macías et al., 2007; Holsback et al., 2013). As larvas de oxiurídios ocasionam prurido na região perianal e o fato desses primatas coçarem esta região e depois levarem as mãos à boca, aumenta a reincidência desse parasita. Santa Cruz e colaboradores (2000) enfatizaram que os oxiurídios encontrados em *Alouatta caraya* foram detectados apenas para aqueles que habitavam áreas

fragmentadas, o que pode estar relacionado à proximidade de animais domésticos que circulam dentro de alguns trechos da área de moradia desses primatas. Com a fragmentação de ambientes, seres humanos, animais domésticos e silvestres tornam-se cada vez mais próximos (Daszak *et al.*, 2000) facilitando a disseminação dos endoparasitas.

Adicionalmente, também se observou nas fezes de *A. belzebul* a presença de ovos de helmintos da família Trichuridae, que comumente acometem cães, porcos (Lopes *et al.*, 2010) e humanos (Ravasi *et al.*, 2012). Esse resultado vem reforçar a possível aproximação, direta ou indiretamente com a população humana e animais domésticos. O processo de urbanização e crescimento populacional conduz e estabelece um contato mais próximo entre humanos e animais de vida livre, isso propicia a ocorrência de infecção parasitária cruzada entre as diferentes espécies, o que pode levar ao surgimento de novas doenças em primatas humanos e não humanos (Ravasi *et al.*, 2012).

Os Cães usados por caçadores que desenvolvem essa atividade na região, também podem disseminar parasitoses ocasionadas por helmintos da família Ancylostomatidae. De fato, na área da população de guaribas investigada no presente estudo, é comum a visualização de cães pertencentes a caçadores transitando pela floresta (Silva, J.M - dados não publicados). Segundo Rey (2008), a infecção por *Ancylostoma* sp. pode ser passiva, através da ingestão da larva infectante no estágio “L3” por via oral, ou pode ser ativa, por via cutânea. Provavelmente, o guariba pode ser infectado durante os momentos que desce ao solo ou pela ingestão de alimentos contaminados.

Balantidium sp. é um protozoário frequentemente encontrado em primatas não humanos do Novo Mundo, sobretudo em espécies do gênero *Alouatta* (Stuart *et al.*, 1998), sendo a forma de cisto comum em fezes de hospedeiros infectados (Lopes *et al.*, 2010). De acordo com Rey (2008), os suínos são hospedeiros reservatórios, sendo a infecção ocasionada pela ingestão de cistos infectantes ou trofozoítos contidos em alimentos e na água. O grupo de *Alouatta belzebul*, aqui estudado, apresentou em suas fezes protozoários pertencentes à família Balantidiidae nas formas císticas e trofozoíticas, o que nos conduz à hipótese que essa contaminação seja devido um estreito contato desses primatas com os animais domésticos que circulam dentro e no entorno do fragmento, possivelmente utilizando um riacho que corta a área de estudo para consumo de água.

Diante do exposto, animais domésticos podem ser hospedeiros dos parasitas citados aqui, o que leva à preocupação do risco de zoonoses para o *A. belzebul*. Estudos mais aprofundados sobre o perfil parasitário dessa espécie são necessários para contribuir com o status de conservação desse primata em fragmentos de Mata Atlântica.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, pode-se inferir que o grupo familiar estudado de guaribas *Alouatta belzebul* é hospedeiro de helmintos das famílias Ascarididae, Ancylostomatidae, Oxyuridae e Trichuridae, e de protozoários da família Balantidiidae. Como esse grupo está localizado em um fragmento de Mata Atlântica do Engenho Sacramento, o entorno dessa região fragmentada e as ações antrópicas são as prováveis fontes de infecção para os primatas. Entretanto, não se pode descartar a possibilidade de ocorrência natural desses parasitas nos guaribas. Contudo, faz-se necessário traçar diretrizes para a conscientização da comunidade do entorno do fragmento através de programas de educação ambiental para que haja a eliminação da pressão de caça na região e para que não haja uma redução ainda maior da área fragmentada. Isso irá contribuir diretamente com os esforços de conservação da espécie.

AGRADECIMENTOS/AUTORIZAÇÕES AMBIENTAIS

A coleta das amostras fecais foi realizada sob a licença SISBIO nº 37477. Gostaríamos de agradecer aos assistentes de campo Iago Victor A. Franca, Allana Evelyn e Janaína Kelly Silva. Ao Sr. José Paulo da Silva pelo apoio logístico, como também a FACEPE pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.T.; PIMENTEL, D.S.; SILVA, E.M.S. The red-handed howling monkey in the State of Pernambuco, North-East Brazil. **Neotropical Primates**, v.3, n.4, p.174-176. 1995.
- ANGONESI, P.S.; ALMEIDA-SILVA, B.; MENDES, S.L.; PYRRHO, A.S. Endoparasitos em muriquis-do-norte *Brachyteles hipoxanthus*, isolados em pequenos fragmentos de Mata Atlântica. **Neotropical Primates**, v. 16, p. 15-18, 2009.

- ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; DIAS, P.A.D. Effects of habitat fragmentation and disturbance on howler monkeys: a review. **American Journal of Primatology**, v. 72, p. 1-16, 2010.
- BICCA-MARQUES, J.C. How do howler monkeys cope with habitat fragmentation? *In: Primates in Fragments: Ecology and Conservation*. MARSH, L.K. (Ed.), New York: Kluwer Academic/Plenum, p.283-303, 2003.
- BICCA-MARQUES, J.C.; SILVA, V.M.; GOMES, D.F. Ordem Primates. *In: Mamíferos do Brasil*. REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I.P. (Eds.), 1ª Edição, Londrina, p. 101-152, 2006.
- BUSH, A.O.; LAFFERTY, K.D.; LOTZ, J.M.; SHOSTAK, A.W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **The Journal of Parasitology**, v. 83, p. 575-583, 1997.
- DASZAK, P.; CUNNINGHAM, A.A.; HYATT, A.D. Emerging infectious disease of wildlife - Threats to biodiversity and human health. **Science**, v. 287, p. 443-449, 2000.
- HOFFMAN, W.A.; PONS, J.A.; JANER, J.L. The sedimentation-concentration method in *Schistosomiasis mansoni*. **Puerto Rico Journal of Public Health and Tropical Medicine**, v. 9, p. 281-289, 1934.
- HOLSBACK, L.; CARDOSO, M.J.L.; FAGNANI, R.; PATELLI, T.H.C. Natural infection by endoparasites among free-living wild animals. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 22, p. 302-306, 2013.
- IUCN. 2013. VEIGA, L.M.; KIERULFF, C; DE OLIVEIRA, M.M. 2008. *Alouatta belzebul*. In: IUCN 2013. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Acesso em 08 de maio de 2014.
- KOWALEWSKI, M.M.; ZUNINO, G.E. Impact of deforestation on a population of *Alouatta caraya* in northern Argentina. **Folia Primatologica**, v. 70, p. 163-166, 1999.
- LOPES, C.A.A.; CYSNE, L.B.; ANDRADE, M.C.R.; LISBOA, O.A. Agentes Infeciosos. *In: Biologia, Manejo e Medicina de Primatas Não Humanos na Pesquisa Biomédica*. ANDRADE, A.; MARINHO, A.M.; FERREIRA FILHO, J.; M.C.R., ANDRADE (eds.), Editora Fiocruz, Rio de Janeiro., p. 207-257, 2010.
- MALDONADO-LÓPEZ, S.; MALDONADO-LÓPEZ, Y.; GOMEZ-TAGLE, A.; CUEVAS-REYES, P.; STONER, K.E. Patterns of infection by intestinal parasites in sympatric howler monkey (*Alouatta palliata*) and spider monkey (*Ateles geoffroyi*) populations in a tropical dry forest in Costa Rica. **Primates**, DOI 10.1007/s10329-014-0413-7, 2014.

- MARTINS, S.S. Efeitos da fragmentação de Hábitat sobre a Prevalência de Parasitoses Intestinais em *Alouatta belzebul* (Primates, Platyrrhini) na Amazônia Oriental. Dissertação de Mestrado (UFPA), 2002.
- MARTINS, S.S.; FERRARI, S.F.; SILVA, C.S. Gastro-intestinal parasites of free-ranging red-handed howlers (*Alouatta belzebul*) in Eastern Amazonia. In: **A Primatologia no Brasil – 9**. FERRARI, S.F. & RÍMOLI, J. (Eds.), Aracaju, Sociedade Brasileira de Primatologia, Biologia Geral e Experimental – UFS, p. 114-124, 2008.
- RAVASI, D.F.; O'RIAIN, M.J.; DAVIDS, F.; ILLING, N. Phylogenetic evidence that two distinct *Trichuris* genotypes infect both humans and non-human primates. **PLOS ONE**, v. 7, p. 1-8, 2012.
- REY, L. **Parasitologia**. Editora Guanabara. 4ª edição. Rio de Janeiro. 888p, 2008.
- SANTA-CRUZ, A.C.M.; BORDA, J.T.; PATIÑO, E.M.; GOMEZ, L.; ZUNINO, G.E. Habitat fragmentation and parasitism in howler monkeys (*Alouatta caraya*). **Neotropical Primates**, v. 8, p. 146-150, 2000.
- STONER, K.E. Prevalence and intensity of intestinal parasites in mantled howling monkeys (*Alouatta palliata*) in northeastern Costa Rica: implications for conservation biology. **Conservation Biology**, v. 10, p. 539-546, 1996.
- STUART, M. D., GREENSPAN, L. L.; GLANDER, K. E.; CLARKE, M. R. A coprological survey of parasites of wild mantled howling monkeys, *Alouatta palliata palliata*. **Journal Wildlife Diseases**, v. 26, n. 4, p. 547-549. 1990.
- STUART, M.D.; STRIER, K.B. Primates and parasites: a case for a multidisciplinary approach. **International Journal of Primatology**, v. 16, p. 577-593, 1995.
- STUART, M.; PENDERGAST, V.; RUMFELT, S.; GREENSPAN, L.; GLANDER, K.; CLARKE, M. Parasites of wild howlers (*Alouatta* spp.). **International Journal of Primatology**, v. 19, p. 493-512, 1998.
- TREJO-MACÍAS, G.; ESTRADA, A.; CABRERA, M.A.M. Survey of helminth parasites in populations of *Alouatta palliata mexicana* and *A. pigra* in continuous and fragmented habitat in southern Mexico. **International Journal of Primatology**, v. 28, p. 931-945, 2007.
- VICENTE, J.J.; RODRIGUES, H.O.; GOMES, D.C.; PINTO, R.M. Nematóides do Brasil. Parte V: nematóides de mamíferos. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 14, p. 1-452, 1997.

CAPÍTULO 26

Enriquecimento Alimentar com *Zophobas morio* para Macacos-prego (*Sapajus cf. apella*) Mantidos em Cativeiro no Centro de Triagem de Animais Silvestre de Alagoas.

Lins, Poliana Gabriele Alves de Souza¹; Silva, Gilda Acioli² & Lessa, Miguel Angelo Monteiro³

¹Programa de Pós-Graduação de Psicobiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte;

²Sector de Biodiversidade, ICBS, Universidade Federal de Alagoas;

³Programa de Pós-Graduação em Teoria e Pesquisa do Comportamento, NTPC, Universidade Federal do Pará

ABSTRACT

The aim of the research was to increase the forage time and decrease the frequency of abnormal behavior of capuchin monkeys (*Sapajus cf. apella*) that were victims of animal traffic by adding a new type of food enrichment using *Zophobas morio*. It is described the frequency of appropriate behaviors (foraging, grooming and rest) and inappropriate behaviors (aggression, sexual behavior, self-mutilation, idleness and disorderly locomotor activity) of the monkeys of Triage Center of Wild Animals (CETAS) from the state of Alagoas, and the results from effect of introduction of a new type of food enrichment. It was observed 9 monkeys (5 females and 4 males) from January to June of 2011. The experimental phase had four stages: 1- Used only *Z. morio* larvae; 2- Used *Z. morio* larvae inside an L format wood box; 3- Added wood sticks with the *Z. morio* larvae inside the L format wood box; 4- Added sawdust with *Z. morio* larvae inside the L format wood box. The study showed that enriching helped to improve the life conditions of the monkeys in captivity, and its use would be more beneficial in the morning than afternoon.

Key-words: Welfare; Puzzle; Giant tenebrio; appropriate and inappropriate behaviors.

RESUMO

O objetivo do estudo foi aumentar o tempo de forrageamento e diminuir a frequência de comportamentos anormais dos macacos-prego (*Sapajus* cf. *apella*), que foram vítimas do tráfico de animais, pela adição de um novo tipo de enriquecimento alimentar usando *Zophobas morio*. Foi descrita a frequência de comportamentos apropriados (forragear, catação e descanso) e comportamentos inapropriados (agressão, comportamento sexual, auto-mutilação, ociosidade e atividades locomotoras desordenadas) dos macacos do Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS) do estado de Alagoas, e o resultado dos efeitos da introdução do novo tipo de enriquecimento alimentar. Foram observado 9 macacos (5 fêmeas e 4 machos) de Janeiro a Junho de 2011. A fase experimental teve quatro etapas: 1- Utilizado apenas larvas de *Z. morio*; 2- Utilizado uma caixa de madeira com formato em L contendo as larvas de *Z. morio*; 3- Adicionado palitos de madeira junto a caixa de madeira em L contendo larvas de *Z. morio*; 4- Adicionado serragem dentro da caixa de madeira em L contendo larvas de *Z. morio*. O experimento mostrou que o enriquecimento ajudou a melhorar as condições de vida do macacos em cativeiro, e seu uso é mais benéfico no turno da manhã.

Palavras-chaves: Bem-estar, aparato, tenébrios gigantes, comportamentos apropriado e inapropriado.

INTRODUÇÃO

Animais de vida livre estão inseridos em um ambiente natural e os comportamentos são eliciados de acordo com as necessidades específicas do indivíduo ou grupo, como procura de alimento, seleção de esconderijos seguros, interação com co-específicos, reconhecimento dos arredores, estratégias de fugas de predadores, busca de parceiros e locais de reprodução e defesa de territórios. Muitos desses comportamentos, inclusive aqueles essenciais para a sobrevivência do *Sapajus* cf. *apella*, podem ser prejudicados quando o animal é levado ao cativeiro. Todos esses padrões comportamentais são eliciados no

animal por algum fator estressor que desencadeia processos fisiológicos que em conjunto são chamados de estresse ou Síndrome Geral de Adaptação (ORSINI & BONDAN, 2006). Ela pode ser dividida em dois tipos: O estresse positivo é composto por adaptações que são necessárias a sobrevivência, mas no momento seguinte permite que o animal volte a homeostasia. O estresse negativo ocorre quando este for contínuo e puder desencadear distúrbios, que são prejudiciais para o organismo (ORSINI & BONDAN, 2006). No caso do cativeiro, a falta de estímulos pode acabar se tornando o fator estressor (BOERE, 2001; DIEGUES, 2008 *apud* DIEGUES, 2009).

Nesse sentido, o enriquecimento ambiental parece uma ferramenta útil em melhorar a qualidade de vida dos animais por possibilitar maior complexidade comportamental dos indivíduos. Os métodos utilizados visando o enriquecimento ambiental inclui aumentar o tamanho do recinto, colocar um objeto ao seu alcance ou mesmo outro indivíduo da mesma espécie na gaiola para que o animal possa interagir (BOERE, 2001). Alguns autores demonstram inclusive a utilização de mais de um tipo de enriquecimento ambiental. Sabe-se, por exemplo, que diversos tipos de enriquecimento para macacos-prego, quando empregados juntos, são mais importantes do que somente aumentar o tamanho do espaço disponível para os indivíduos se locomoverem.

Já no enriquecimento alimentar são feitas mudanças na maneira como os alimentos são oferecidos de acordo com os hábitos da espécie (BOERE, 2001). Esse tipo de enriquecimento em particular foi escolhido nesse estudo pois a busca de alimento é a principal atividade feita pelos animais na natureza (IZAWA, 1980; JACOBSEN *et al.*, 2010) e já foi comprovado o sucesso desse método de enriquecimento em primatas (FERREIRA *et al.*, 2013; JACOBSEN *et al.*, 2010).

Esse trabalho foi iniciado a partir de observações das condições de manutenção dos animais que vivem em cativeiros nos Centros de Triagem de Animais Silvestres (CETAS). Esses centros, criados segundo a Lei 9.605 /98 de Crimes Ambientais por causa do crescente aumento do tráfico de animais silvestres. A partir daí, foram então nomeados órgãos fiscalizadores que encaminham os animais apreendidos para um desses CETAS que recebe, tria e faz

o tratamento para que os animais voltem para a natureza (ROCHA-MENDES *et al.*, 2006). Algumas dessas espécies, dependendo da raridade ou beleza, ainda podem ser enviadas para zoológicos ou criadores credenciados no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Enquanto outros acabam permanecendo nos recintos do CETAS como ocorre com o *Sapajus apella*, Isso devido ao fato que, muitos desses animais, após serem inseridos nessa condição, perdem a aptidão para voltarem a viver na natureza, tendo que ser mantidos no cativeiro.

A espécie escolhida para esse estudo foi o *Sapajus apella* Linnaeus (1758) (PRIMATES: CEBIDADE) que pertencia ao gênero *Cebus*, até que Alfaro e colaboradores (2012) dividiram esse gênero em dois: *Sapajus* Kerr (1792) e *Cebus* Erxleben (1777). Essa espécie não pode ser solta na natureza devido seus hábitos comportamentais que tem origem principalmente aprendida, de modo que a soltura na natureza significaria a morte desses animais. No entanto, devido a sua grande capacidade motora e cognitiva, sendo comprovada inclusive sua habilidade em usar ferramentas tanto em cativeiro como na natureza (PERRY, 2011; PANGER *et al.*, 2002), foi criado um novo tipo de enriquecedor que explora a habilidade desses animais de procurar insetos.

Para isso a presa escolhida foi a larva do besouro *Zophobas morio*, conhecida como tenébrio gigante. Além de ser uma espécie já usada na alimentação desses animais, as suas larvas são grandes e resistentes e possuem um longo período larval (SHULTER, 1996). O objetivo desse trabalho foi testar a eficácia desse enriquecedor em diminuir a frequência de tempo gasta em comportamentos de estresse e ociosidade bem como descobrir qual o turno do dia que é mais recomendado o uso do aparato.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

A introdução do enriquecimento alimentar e as respectivas observações comportamentais foram feitas no CETAS de Alagoas. Os animais estavam alojados aos pares em gaiolas (1,35 m x 1,97 m x 2,37 m), com exceção de uma

fêmea que era mantida sozinha em seu recinto. Os animais escolhidos somaram um total de cinco fêmeas e quatro machos, separados de acordo com o gênero visando evitar a reprodução. Esses indivíduos recebem alimentação duas vezes ao dia (em geral frutas pela manhã e ração à tarde, sendo ocasionalmente disponibilizados outras variedades).

Criação de insetos

Os insetos foram inicialmente adquiridos através de um site especializado da internet (insetosonline.com) e acomodados no Museu de História Natural de Alagoas, onde foram alimentados em todos seus estágios de vida com pedaços de maçã e farelo de trigo - material que também servia como substrato. Esse substrato era trocado através do uso de uma peneira, o que permitia a coleta das larvas, e as maçãs eram trocadas a cada dois dias. O método utilizado na criação dos tenebrídeos foi baseado no trabalho de Schulter (1996), em que cada fase da vida do inseto ocorria em uma caixa de criação diferente.

Procedimentos

O enriquecimento alimentar foi feito em quatro etapas. (1) Na primeira as larvas foram colocadas diretamente no chão da gaiola, visando observar como os primatas reagiam frente às larvas, como fonte de alimento. (2) Na segunda etapa as larvas foram introduzidas em um aparato baseado em um labirinto desenvolvido para *Callithrix penicillata* e *Saguinus imperator* por Castro (2003). Confeccionado em madeira e medindo 50cm x 50cm, a caixa possui celas com aberturas para que as larvas possam se locomover, sendo acrescentado uma parte vertical na caixa para aumentar o tempo de procura. Nessa segunda etapa a parte horizontal foi apresentada sem as portas, para que os animais pudessem observar a presença das larvas (Fig. 1). Nas gaiolas com dois indivíduos, foram distribuídas 30 larvas na horizontal e 10 na vertical, e na gaiola com uma fêmea o aparato foi apresentado com 14 larvas na horizontal e 6 na vertical. (3) Na terceira etapa, foram fixadas portas em ambas as partes e as larvas foram distribuídas meio a meio (20 e 20, ou 10 e 10). Adicionalmente foram acrescentados 4 palitos para churrasco,

com as pontas serradas, para que não causassem injúrias aos animais, e os comportamentos foram observados. E na última etapa (4) todas as portas foram deixadas abertas, as larvas foram colocadas somente na parte inferior do aparato e cobertas com serragem para estimular os primatas cavar a procura das larvas. Os comportamentos foram observados em etapas divididas, em 20 turnos, em cada gaiola os comportamentos foram quantificados duas vezes pela manhã e duas vezes pela tarde, por 120 minutos para cada tipo de enriquecimento. As observações comportamentais foram armazenadas em planilhas. Foram coletados: a data, a hora, o indivíduo observado, as categorias e os seguintes comportamentos a cada 1 minuto: Deslocamento, Forragear, Interação social, Descanso, Estresse, e Outros comportamentos que não fossem compatíveis com as categorias citadas anteriormente como se coçar.

Antes do início dos procedimentos experimentais, cada gaiola foi observada por dois dias (fase controle). Cada dia foi dividido em dois turnos (manhã e tarde) pelo método de amostragem *ad libitum* (Altman, 1974). Cada turno ainda foi subdividido em 6 sessões de 20 minutos, somando um total de 240 minutos de observação por dia e 8 horas de observação por gaiola. Nessa fase os comportamentos observados foram classificados em diferentes categorias baseadas tanto em etogramas presentes na literatura (LESSA, 2009; MAGALHÃES & OLIVEIRA, 2009) como nas diferenças individuais observadas nesses primatas em cativeiro. Fase experimental: após a fase controle, as observações continuaram a ser registradas nos dois turnos (manhã e tarde), no entanto as sessões foram divididas em três sessões de 40 minutos, e os comportamentos foram anotados observando uma gaiola por turno, individualmente, de maneira que o tempo observado para cada gaiola, em cada etapa na fase experimental, também somaram oito horas. Dessa forma pôde ser avaliada a diferença entre os comportamentos apresentados na presença e na ausência do enriquecimento ambiental (antes e após a introdução do aparato). Entre as sessões, houve o intervalo de 10 minutos, utilizados na preparação, colocada e a retirada do enriquecedor.



Figura 1. Dois machos de *Sapajus* cf. *apella* do Centro de Triagem de Animais Silvestres de Alagoas interagindo com o aparato.

Análises

Para a análise dos dados foram calculadas as frequências de cada categoria que foram usadas para fazer uma análise descritiva dos comportamentos apresentados. Também uma análise de variância ANOVA foi utilizada para verificar se as mudanças apresentadas nas sessões antes e após o enriquecimento foram significativas ($p < 0,05$), ou se a introdução do aparato promoveu alterações comportamentais. Também foi utilizado o teste de correlação de Pearson entre o tempo que o indivíduo gastava no aparato e a frequência das categorias consideradas inapropriadas, para verificar possíveis interações entre os comportamentos desenvolvidos por causa da condição de cativeiro (significância com $p < 0,05$).

RESULTADOS

O estudo totalizou 40 horas de observações em 108 sessões de amostragem. Foram registrados 4406 atos comportamentais, distribuídos em sete diferentes categorias. Na fase controle foi feito o balanço geral de todos os comportamentos dos indivíduos estudados, visando observar características não naturais. A categoria Deslocamento (DSL) se refere a locomoção do indivíduo na gaiola, como escalar a grade, se locomover no chão ou em um galho existente dentro da gaiola, sendo excluídos atos assim associados as categorias Forragear e Estresse. Forragear (FOR) se refere tanto a comer e beber como a procura do alimento. Interação Social (INS) são os atos que envolvem outro co-específico, como fazer e receber a catação de parasitas, observar o vizinho na gaiola ou mesmo interagir com ele, e também ameaçar ou começar a brigar com o outro. Descanso (DSC) consistiu em o indivíduo ficar um tempo sentado ou deitado parado. Enquanto a categoria Outros (OUT) se refere a atos que não se encaixam nos observados, geralmente atos fisiológicos como defecar, coçar-se ou fazer a catação em si mesmo.

As próximas duas categorias compõem os comportamentos desenvolvidos por causa da condição de cativeiro, por este motivo foram denominadas categorias inapropriadas. A Ociosidade (OCI) se refere a inatividade do animal sem ser necessariamente para descansar, como quando ficava parado observando qualquer coisa fora do seu recinto, como tratadores, ou visitantes em trânsito, ou outro aspecto não identificado pelo observador. Na natureza, esse comportamento seria equivalente ao comportamento de “vigilância”, mas o excesso da frequência desse comportamento por alguns indivíduos - apesar de desnecessários, uma vez que está associado a presença de predadores - também pode ser indicador de interferência na qualidade de bem-estar animal, devido a apatia e inatividade serem indicadores de estresse tanto quanto a hiperatividade (ORSINI & BONDAN, 2006). Por último, a categoria Estresse (EST) se refere aos distúrbios comportamentais como morder-se, ato de copula com a própria cauda ou com indivíduo do mesmo sexo e estereotipias. As estereotipias são os movimentos repetitivos sem um objetivo específico que não são observados na natureza (BOERE, 2001) como girar a cabeça, perambular de um lado para o outro, ou ficar correndo em círculos.

A categoria mais frequente é Forragear (Fig. 2). A porcentagem de Estresse também é alta para uma categoria comportamental que não se observa em vida livre. Especialmente no turno da manhã, quando os primatas estão mais ativos. Já durante a tarde eles ocupam mais o tempo com interações sociais.

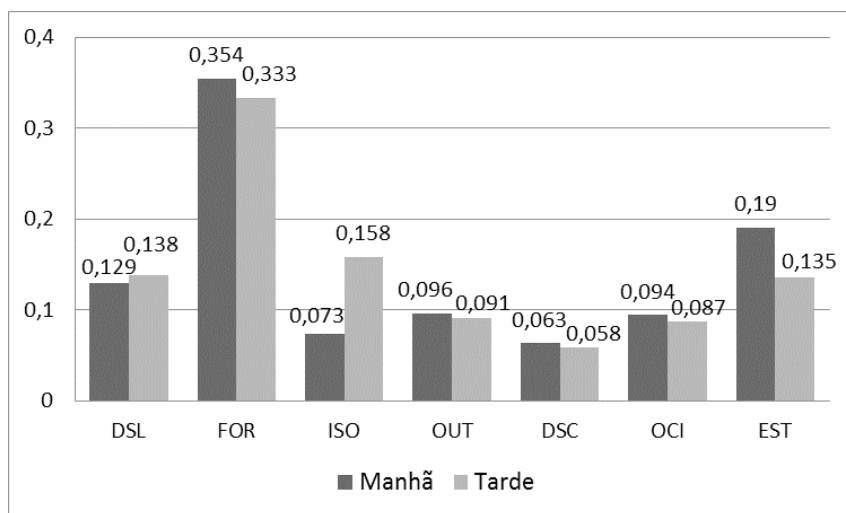


Figura 2 Frequências relativas comportamentais dos macacos-prego do CETAS-Alagoas-Brasil na fase controle encontradas no período da manhã e da tarde.

Já na fase experimental, durante as sessões de pré-enriquecimento (Tabela 1) foram observados frequências de Deslocamento similares àquelas encontrada na fase controle. Entretanto quando o aparato foi introduzido nos recintos (Fig. 3), a categoria Deslocamento diminuiu, independentemente da etapa, do sexo dos animais e do turno. Já nas sessões do pós-enriquecimento a frequência dessa categoria permaneceu reduzida, permanecendo diminuída em todas as etapas, nos dois turnos. Apenas nas sessões de pós-enriquecimento (etapa 4, turno manhã), houve um pequeno aumento de 16,5% para essa categoria.

Nas sessões pré-enriquecimento a categoria Interação Social obteve frequências cujas médias variaram de 2,1% a 16,2% pela manhã e 3,7% a 12,4% pela tarde. Já nas sessões com enriquecimento, as frequências de Interação Social atingiram níveis baixos. Já nas sessões pós-enriquecimento observou-se um aumento dessa categoria especialmente a tarde, horário que normalmente os animais se aproximavam uns dos outros e começavam o processo de catação.

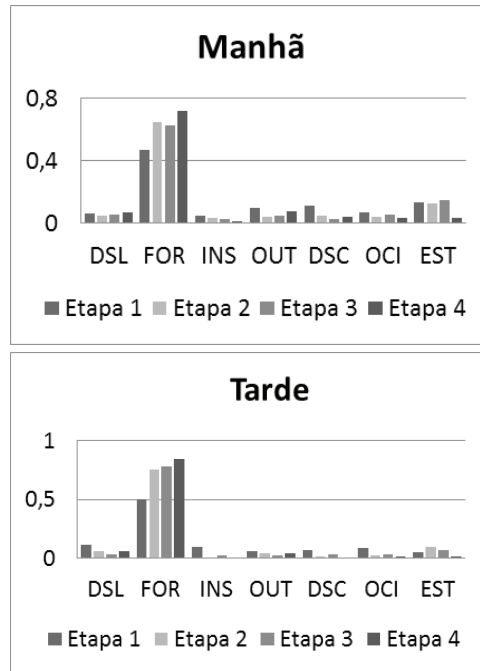


Figure 3. Frequência das categorias comportamentais observadas no grupo de macacos nas sessões com enriquecimento na fase experimental da pesquisa. Etapa 1: Utilizado apenas larvas de *Z. morio*; Etapa 2: Utilizado uma caixa de madeira com formato em L contendo as larvas de *Z. morio*; Etapa 3: Adicionado palitos de madeira junto a caixa de madeira em L contendo larvas de *Z. morio*; Etapa 4: Adicionado serragem dentro da caixa de madeira em L contendo larvas de *Z. morio*. DSL=Deslocamento, FOR=Forragear, INS=Interação Social, DSC=Descanso, OUT=Outros, OCI=Ociosidade, EST=Estresse.

Nas sessões pré-enriquecimento a categoria Descanso obteve valores individuais que variaram de 4,4% a 8,3% pela manhã e 5,0% a 10,1% pela tarde. Nas sessões com enriquecimento essas frequências tenderam a diminuir, exceto na primeira vez que as larvas foram inseridas na etapa 1, quando um dos machos passou 41,3% do tempo da sessão deitado no turno da manhã e 32,5% no turno da tarde. Nesse mesmo período, o outro macho que o acompanhava na gaiola permaneceu procurando as larvas, enquanto todos os outros animais permaneceram descansando por menos tempo. Nas sessões de pós-enriquecimento na etapa 1, este mesmo macho permaneceu 54,9% pela manhã e 44,4% a tarde do tempo da sessão em Descanso, deitado ou sentado enquanto que nos outros indivíduos a frequência variou individualmente de 1,2% a 15,5% pela manhã e 12,8% a 20% pela tarde.

Verificou-se um aumento na frequência do comportamento de Forragear nas sessões com enriquecimento alimentar, na verdade, Forragear tornou-se a atividade mais importante naquele período. Porém, nas outras sessões tanto de pré-enriquecimento como pós-enriquecimento, a frequência de Forragear voltou a diminuir e se nivelar a encontrada na fase controle.

A média encontrada para a categoria Estresse nas sessões pré-enriquecimento variaram de 13,9% a 25,6%. Nas sessões com enriquecimento, esse percentual de Estresse também apresentou tendência à diminuição, no entanto as médias encontradas na etapa 2 (com apenas larvas no aparato) ainda estavam próximas daquelas observadas nas sessões pré-enriquecimento. Talvez o aparato tenha desempenhado um papel aversivo ou até ansiogênico para alguns indivíduos nas primeiras vezes que ele foi apresentado e isso explicaria o porquê não se aproximaram para coletar as larvas. O mesmo ocorreu na manhã da etapa 3 quando foi introduzido palitos de churasco no aparato com as larvas que foi 15,05% considerado mais alta que outras categorias. Nos outros turnos e etapas, no entanto, a tendência foi de uma diminuição mais acentuada do Estresse proporcionalmente inverso ao tempo gasto com Forragear, como também pôde ser observado nas etapas 3 e 4. Nas sessões pós-enriquecimento as frequências de Estresse foram menores que nas sessões pré-enriquecimento. No entanto, a diminuição no turno da tarde é maior. Como já observado anteriormente, há uma diminuição natural da atividade dos indivíduos durante o período da tarde, que nesse turno passam a maior parte do tempo apresentando comportamentos relacionados à interações sociais.

A média encontrada para Ociosidade demonstrou ser maior nas sessões pré-enriquecimento, e diminuiu em todas as sessões com enriquecimento e pós-enriquecimento. Observando o índice de correlação pode-se inferir que a frequência dos comportamentos inapropriados (Estresse e Ociosidade) nas sessões após o enriquecimento só diminuía em comparação com o tempo que os indivíduos empregavam procurando ou comendo as larvas no turno da manhã durante a etapa 2 (Manhã: $r = -0,515$; $P = 0,029$) (Tarde: $r = 0,18$; $P = 0,942$) e na etapa 4 (Manhã: $r = -0,6$; $P = 0,008$; Tarde: $r = 0,131$; $P = 0,604$). Já na etapa 3, com o uso dos palitos de madeira, observou-se uma correlação significativa com essa diminuição dos comportamentos inapropriados em ambos os turnos (Manhã: $r = -0,647$; $P = 0,004$; Tarde: $r = -0,475$; $P = 0,046$).

Tabela 1. Médias e desvios-padrão das porcentagens das frequências obtidas durante as etapas da fase experimental e valor-P de significância (em que $P < 0,05$ para ser significante) entre as diferenças observadas nas sessões antes e após o enriquecimento alimentar.

Seções/ Turno		Categorias (média±desvio-padrão)						
		DSL	FOR	INS	OUT	DSC	OCI	EST
Etapa 1								
Antes	M	12.1±12.5	37.6±16.9	16.2±19.3	6.3±3.8	4.4±5.3	9.2±7.6	13.9±12.8
	T	12.2±8.4	29.8±17.2	8.3±9.8	8.7±6.9	10.1±13.4	11.2±10.1	19.8±17.9
Após	M	10.9±10.0	29.7±22.3	12.1±8.9	12.3±8.0	15.5±16.0	8.4±6.1	11.1±14.3
	T	9.0±5.7	31.9±18.5	20.6±13.5	10.8±8.1	13.2±14.3	7.6±6.1	7.0±7.7
Valor-P	M	0.0040	0.7063	0.8486	0.1924	0.1480	0.7870	0.0001
	T	0.0050	0.8483	0.0141	0.0742	0.0144	0.2825	0.0201
Etapa 2								
Antes	M	12.1±8.4	31.9±19.0	2.1±3.7	7.5±5.7	8.3±12.9	12.6±8.2	25.6±17.9
	T	10.5±8.3	27.1±14.8	8.0±10.0	9.8±9.8	5.0±6.3	14.3±8.6	25.2±21.6
Após	M	7.9±7.8	35.9±21.2	12.8±15.5	8.5±10.9	15.0±14.2	9.4±8.1	10.6±13.0
	T	10.4±8.2	37.4±20.1	19.5±19.5	8.8±0.8	12.8±12.3	7.7±5.9	3.4±5.2
Valor-P	M	0.0001	0.0962	0.2454	0.5249	0.0020	0.8834	0.0506
	T	0.0009	0.6702	0.2943	0.5834	0.2915	0.0343	0.9902
Etapa 3								
Antes	M	15.8±9.7	27.2±20.3	3.5±7.1	7.2±7.8	5.1±8.9	22.3±10.5	19.0±19.9
	T	13.7±1.2	26.3±15.4	12.4±14.8	9.7±11.1	9.2±12.6	10.9±8.1	17.8±20.8
Após	M	11.3±8.1	33.5±21.3	15.6±12.8	8.0±7.3	6.7±10.3	8.0±6.9	16.9±21.8
	T	12.4±11.2	33.9±20.8	12.9±13.5	10.2±10.0	15.6±15.5	4.7±4.2	10.3±18.1
Valor-P	M	0.1530	0.4575	0.1073	0.9527	0.3182	0.5682	0.0277
	T	0.0022	0.2586	0.2221	0.1343	0.0068	0.0360	0.0344
Etapa 4								
Antes	M	16.2±9.7	23.6±20.8	3.3±4.7	11.1±11.8	7.1±10.1	16.8±11.2	21.9±19.5
	T	13.9±7.1	37.6±22.4	3.7±3.8	13.4±13.4	5.3±7.2	10.7±9.2	15.5±17.5
Após	M	16.5±16.3	32.0±27.4	8.6±21.9	11.8±12.5	15.2±23.0	6.9±7.7	9.1±15.2
	T	13.0±11.4	36.6±22.9	8.5±6.2	13.3±12.2	20.0±22.1	3.9±3.6	4.6±7.4
Valor-P	M	0.0011	0.6124	0.3658	0.5514	0.0410	0.0018	0.5900
	T	0.1775	0.1995	0.8302	0.0826	0.2318	0.0835	0.0145

M= Manhã DSL=Deslocamento INS=Interações Sociais OCI=Ociosidade
T=Tarde FOR=Forragear OUT=Outros DSC=Descanso EST=Estresse

DISCUSSÃO

Independente do turno observado, a categoria comportamental mais frequentemente encontrada nos animais cativos observados foi a de Forrageio. Ainda assim, comparando com dados encontrados para as espécies de *Sapajus* sp. em vida livre de 63,92% (RIMOLÍ *et al.*, 2008), e de 53,47% (PINTO, 2006), as frequências encontradas foram mais baixas. Deslocamento também foi mais baixo que o encontrado por eles em vida livre com respectivamente 26,12% e 39,86%. Na natureza essas são as duas atividades mais comuns desempenhadas por esses animais. Uma possível explicação para a baixa frequência de Deslocamento encontrada no presente trabalho pode ser a influência do pequeno espaço disponível nas gaiolas em que os animais estudados estavam confinados. Na natureza certamente eles se deslocariam constantemente a procura de novos locais devido a disponibilidade de opções para forragear. Ross & Giller (1988) trabalhando com esses primatas em cativeiro, em uma ilha semi-natural de 420m² dentro de um lago, também encontraram uma frequência baixa que variou entre 7% e 10%.

Já Interação Social e Descanso foram categorias encontradas com uma frequência bem maior que nos trabalhos com os indivíduos observados em áreas de cerrado (PINTO, 2006) e Mata Atlântica (RIMOLÍ *et al.*, 2008). Estes autores encontraram frequências de Interação Social de 3,59% e 3,30% respectivamente, e frequência de Descanso respectivamente de 1,55% e 5,23%. A porcentagem de Estresse, apesar de ser alta para uma categoria comportamental em relação ao que se observa em vida livre, é compatível com àqueles verificados em outros primatas desse gênero, em cativeiro (MAGALHÃES & OLIVEIRA, 2009), especialmente no turno da manhã, quando os primatas estão mais ativos. Já durante a tarde eles ocupam mais o tempo com interações sociais.

Nas sessões pré-enriquecimento da etapa 1(fase experimental) as frequências de cada categoria mostraram ser bem semelhantes às frequências observadas na fase controle. Nas sessões com enriquecimento a categoria Forragear aumentou consideravelmente em relação a fase anterior, na ausência do aparato. Ainda, foi observado que com ao longo das sessões, todos os indivíduos passou a consumir as larvas em um menor período de tempo, exceto a fêmea que ficava sozinha na gaiola. A presença de outros indivíduos na gaiola influencia a

manipulação de novos alimentos, devido a competição gerada durante a coleta das larvas (VISALBERGHI & FRAGASZY, 1995). A ausência dessa competição explicaria o comportamento da fêmea solitária coletar as larvas mais lentamente, o que resultou, algumas vezes, a perder, sem perceber, as larvas para o jovem macho da gaiola ao lado. Pois ele conseguia estender seu braço e alcançar as larvas disponíveis.

Nas sessões pós-enriquecimento da etapa 1 a utilidade do enriquecimento em permitir que os primatas gastem energia na procura foi evidenciada com a redução significativa em ambos os turnos apenas para as categorias Estresse e Deslocamento. Já para a categoria Descanso, houve um aumento significativo apenas no turno da tarde, provavelmente pelo fato da novidade do aparato; a coleta no período da manhã pode ter promovido um cansaço extra nos animais. No mais, o período da tarde é o turno em que eles normalmente se apresentam menos ativos. No entanto, as categorias inapropriadas (Estresse e Ociosidade) mostraram uma pequena diminuição nos níveis comportamentais, quando comparadas juntas, relação ao que era esperado, o que nos leva a concluir que somente adicionar larvas não seria suficiente para mudar os níveis de bem-estar dos animais em cativeiro estudados.

Nessas sessões de pós-enriquecimento da etapa 1 um dos machos (gaiola 3) permaneceu um período de tempo bem maior deitado ou sentado do que os outros indivíduos. A atividade passiva observada neste macho provavelmente é decorrente de uma inibição comportamental, provocada pela presença de outro animal macho no recinto que comportava como um macho dominante. Machos subordinados tendem mesmo a passar muito tempo na periferia do grupo (IZAWA, 1980; PERRY, 1998). Em relação aos outros animais, o aumento da categoria Descanso observada após o enriquecimento deve-se provavelmente ao fato dos animais estarem saciados após se alimentarem. Outros trabalhos também relatam uma média alta da categoria Descanso (30% do tempo), o que confirma que os animais deste estudo apresentaram comportamentos dentro dos padrões esperados para animais em cativeiro (Ross & Giller, 1988).

Na etapa 2, quando houve a introdução do aparato, observou-se que houve um aumento do comportamento de Forragear nas sessões com enriquecimento,

e que em todas as outras categorias os outros comportamentos passam a ter frequências mínimas, como esperado. Houve um macho idoso (gaiola 2) que, nas primeiras vezes em que o aparato foi apresentado dentro do recinto, ele passou a maior parte do tempo com o comportamento estereotipado de andar de um lado para o outro. Provavelmente para este animal o enriquecimento apresentou um caráter aversivo. Mas o outro animal dessa mesma gaiola, um macho jovem, teve comportamento totalmente distinto: explorou bem a caixa com larvas, e a manipulava com curiosidade desde sua introdução no recinto. Talvez esse comportamento dominante inicial tenha inibido posteriormente esse indivíduo mais velho. Nos outros dias quando ele passou a se interessar pelo aparato, o macho jovem apresentou-se agressivo e já não o deixava mais se aproximar e procurar as larvas. Como observado, animais jovens apresentam maior interesse em objetos novos do que adultos e idosos (FRAGASZY & VISALBERGHI, 1990).

Em uma das gaiolas com dois machos (gaiola 3), apesar de um deles, em todas as sessões entrar primeiro em contato com o aparato, bastava o outro macho ir para o chão, dando indícios de aproximação, que o primeiro macho se afastava. Isso exemplifica o caso de restrição de acesso ao objeto (FRAGASZY & VISALBERGHI, 1990). Já no caso de duas fêmeas (gaiola 4), o que ocorreu foi um realce de interesse. Cada vez que uma delas desistia de procurar pelas larvas dentro do aparato -pois com o passar do tempo as larvas disponíveis iam ficando cada vez mais escassas- a outra fêmea se aproximava, e tendo ela êxito em encontrar uma larva, a primeira, que havia desistido, voltava a ter interesse pelo aparato. Em um outro registro comportamental entre fêmeas (gaiola 5), uma delas aprendeu a abrir as tampas usando as duas patas. Nessa ocasião a outra fêmea passou a aguardar a primeira abrir todas as tampas antes de iniciar sua procura pelas larvas. Já para a fêmea solitária (gaiola 1) por não ter nenhuma influência social, ela demorava para interagir com o aparato e também demorava para procurar e encontrar as larvas, o que reafirma a importância do contexto social na exploração do aparato.

Observou-se que nas sessões com enriquecimento (da etapa 3) também houve um aumento no Forragear e alguns indivíduos passaram a se ocupar com os palitos: mordendo e riscando-os no chão, mas só duas fêmeas os usaram com

alguma habilidade, tentando utilizá-los como alavancas. Uma delas chegou a curvar o palito para puxar um diplópode para dentro da gaiola. No entanto, essas mesmas fêmeas quando não achavam as larvas ou não conseguiam mais abrir as tampas apresentavam grande frustração, chutavam o aparato e em uma das sessões uma delas arrancou uma das tampas e a utilizou para bater no aparato.

Certos hábitos de *Cebus capucinus* e de *S. apella* com o uso de ferramenta foram comparados, e concluiu-se que mesmo em cativeiro o *S. apella* manipula objetos complexos mais espontaneamente que *C. capucinus*, e se apresentam menos neofóbicos quanto ao manuseio de objetos (PERRY, 2011). Então provavelmente a redução do estresse observada na etapa 3 em ambos os turnos tenha ocorrido por que além do aumento da dificuldade, ao ganhar os palitos de churrasco eles puderam usá-los de diversas formas, como para alcançar algo fora do recinto, e como alavanca para tentar abrir o aparato ou as tampas da celas.

Na etapa 4, certas fêmeas não responderam bem à adição de serragem ao aparato, interagindo o mínimo possível após o novo estímulo. Em especial uma das fêmeas que teve um desempenho excelente nas etapas 2 e 3, obteve não obteve o desempenho esperado nessa etapa 4. Pode ocorrer que primatas que apresentam um bom desempenho em uma determinada tarefa, não consigam resolver uma tarefa similar em um outro momento (FRAGASZY & VISALBERGHI, 1990).

O fato de alguns indivíduos usarem os palitos de churrasco como alavancas ou saberem cavar com eficiência, não mostra necessariamente processos de sofisticação mental. Os macacos-prego demonstram que um bom desempenho é obtido ao longo de várias tentativas e erros, e não de um entendimento prévio de como resolver a tarefa. Por outro lado, o uso inteligente de ferramentas requer que o animal entenda a relação entre a ferramenta e o objeto em que ela é aplicada (ADAMS-CURTIS, 1990). E o sucesso apresentado por *Sapajus apella* depende tanto da atividade manipulatória como do entendimento da relação entre o instrumento e a capacidade dele se tornar uma extensão funcional da sua mão (VISALBERGUI & TRINCA, 1989).

Contudo, concluímos que a inserção desse novo aparato foi capaz de estimular os primatas de diversas maneiras. Os comportamentos observados nos

indivíduos estudados provavelmente são causados pela condição do cativeiro. Apesar desses primatas pertencerem a uma espécie com hábitos sociais, os indivíduos são mantidos em recintos muito pequenos e em algumas situações, estão alojados separadamente uns dos outros. De modo que a melhor escolha para promover o enriquecimento ambiental, visando maximizar o bem-estar desses animais talvez consista em colocá-los em recintos maiores para que nenhum indivíduo precise alocado isoladamente, o que permitiria maior interação entre eles. Assim como entregar objetos que possam manusear interagir e explorar, sem que se machuquem. Relacionado o enriquecimento ambiental com o alimentar, sugere-se que as atividades sejam realizadas durante o turno da manhã, quando os animais dessa espécie apresentam maior índice de comportamentos ativos: locomotor e alimentar.

AGRADECIMENTOS

Estamos gratos a todos os funcionários, tratadores, biólogos e veterinários do Centro de Triagem de Animais de Animais Silvestres pelo cuidado que tiveram com os macacos estudados. O pesquisador principal está cadastrado no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (Sisbio). E garante que durante a execução desse estudo todos os aspectos éticos inerentes a pesquisa científica foram cumpridos.

REFERÊNCIAS

- ALFARO, J. W. L.; SILVA JÚNIOR, J. S.; RYLANDS, A. B. How Different Are Robust and Gracile Capuchin Monkeys? An Argument for the Use of *Sapajus* and *Cebus*. *American Journal of Primatology*. v. 74, p. 273-286. 2012.
- ALTMANN, J. Observational Study of Behavior: Sampling Methods. *Behaviour*. v. 49, n. 3-4, p. 227-267. 1974.
- BOERE, V. Environmental Enrichment for Neotropical Primates in Captivity. *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 543-551, 2001.
- CASTRO, P. H. G. *Propondo um problema de forrageio como meio de enriquecer o cativeiro: um estudo comparativo de duas espécies de primatas brasileiros (Callithrix penicillata e Saguinus imperator)*. 2003. 56 f. Dissertação (mestrado em Psicologia: Teoria e Pesquisa do Comportamento) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém. 2003.

- DIEGUES, S.; VECCHIA, A. C. D.; SIDOU, S. A.; SILVA, A. B.; DIBO, A. P. A. Subsídios para a implementação de um projeto de enriquecimento ambiental no Parque Ecológico Municipal “Dr. Antonio T. Vianna” – São Paulo/SP. UFSCar. 2009.
- FERREIRA, A. S.; ALMEIDA, R. N.; MARTINEZ, R. A. Management strategies and Animal welfare of Captive Capuchin Monkeys Genus *Cebus* Erxleben 1777(Primates: Cebidae). World Applied Sciences Journal. v. 21, n. 1, p. 42-48. 2013.
- FRAGASZY, D. M. & VISALBERGHI, E. Social Processes Affecting the Appearance of Innovative Behaviours in Capuchin Monkeys. *Folia Primatologica*. v. 54, n. 3-4, p. 155-165, 1990.
- IZAWA, K. Social Behavior of the Wild Black-capped Capuchin (*Cebus apella*). *Primates*. v. 21, n. 4, p. 443-467, 1980.
- JACOBSEN, K. R.; MIKKELSEN, L. F.; HAU, J. The effect of environmental enrichment on the behavior of captive tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *LabAnimal*. v. 39, n. 9, p. 269-277. 2010.
- LESSA, M. A. M. *Bem Estar em Cativeiro: Análise e Planejamento da Ocupação do Tempo em Macacos-prego (Cebus apella)*. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Teoria e Pesquisa do Comportamento). Núcleo de Teoria e Pesquisa do Comportamento, Universidade do Pará, Belém. 2009.
- MAGALHÃES, J. S. & OLIVEIRA, M. A. B. Comportamento do Macaco-Prego (*Cebus libidinosos*) no CETAS/IBAMA/PE. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9, 2010, Recife: 2009.
- ORSINI, H. & BONDAN, E. F. Fisiopatologia do estresse em animais selvagens em cativeiro e suas implicações no comportamento e bem-estar animal – revisão da literatura. *Revista Instituto Ciência Saúde*. v. 24, n. 1, p. 7-13, 2006.
- PANGER, M. A.; PERRY, S.; ROSE, L.; GROS-LOUIS, J.; VOGEL, E.; MACKINNON, K. C.; BAKER, M. Cross-Site Differences in Foraging Behavior of White-Faced Capuchins (*Cebus capucinus*). *American Journal of Physical Anthropology*. v. 119, p.52-66, 2002.
- PERRY, S. Male-male social relationships in wild white-faced capuchins, *Cebus capucinus*. *Primates*. v. 35, n. 3, p. 139-172, 1998.
- PERRY, S. Social traditions and social learning in capuchin monkeys (*Cebus*). *Philosophical Transactions of The Royal Society*. v.366, p. 988-996, 2011

- PINTO, M. C. M. Padrão comportamental de um grupo de macacos-prego (*Cebus apella* cay Illiger, 1815) no Parque Estadual Matas do Segredo, Campo Grande (MS). 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2006.
- RÍMOLI, J.; STRIER, K. B.; FERRARI, S. F. Seasonal and longitudinal variation in the behavior of free-ranging black tufted capuchins *Cebus nigritus* (Golfuss, 1809) in a fragment of Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *A primatologia no Brasil*, v. 9, p.130-146, 2008.
- ROCHA-MENDES, F.; NAPOLI, R. P.; MIKICH, S. B. Manejo, reabilitação e soltura de mamíferos selvagens. *Arquivo Ciência Veterinária Zoológica*. Unipar, Umuarama, v. 9, n. 2, p. 105-109, 2006.
- ROSS, R. A. & GILLER, P. S. Observations on the Activity Patterns and Social Interactions of a Captive Group of Black capped or Brown Capuchin Monkeys (*Cebus apella*). *Primates*. v. 29, n. 3, p. 307-317, 1988.
- SCHULTER, R. El Manejo de *Zophoba smorio* (Coleoptera: Tenebrionidae) em climas tropicales húmedos. *Folia*. v. 8, n. 2, p. 47-75, 1996.
- VISALBERGHI, E. Tool Use in *Cebus*. *Folia Primatologica*, v. 54, n.3-4, p.146-154, 1990.
- VISALBERGHI, E. & FRAGASZY, D. M. The behaviour of capuchin monkeys, *Cebus apella*, with novel food: the role of social context. *Animal Behaviour*. v. 49, n. 4, p. 1089-1095, 1995.

CAPÍTULO 27

A utilização de *Callithrix spp* no monitoramento da poluição atmosférica por chumbo em centro urbano: viável ou não?

Aline F. Nardi¹, Débora C. Romero¹, Francisco J. V. de Castro²,
Gilson Quinágua², Lilian R. M. de Sá¹.

¹Laboratório de Gastroenterologia Experimental e Comparada, Departamento de Patologia, FMVZ-USP.

²Laboratório de Análises Toxicológicas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

RESUMO

O chumbo é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde como um dos elementos químicos mais perigosos para a saúde humana. Após a proibição parcial ou total da adição do chumbo de tetraetila, $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$, na gasolina de alguns países, incluindo no Brasil, a concentração do chumbo particulado no ar das zonas urbanas diminuiu, mas não determinou o desaparecimento do problema da poluição por esse metal. Outras fontes são responsáveis pela poluição atmosférica por chumbo particulado nas zonas industriais e urbanas, colocando em risco a saúde das populações humana e animal. Em muitos países, o chumbo é o único metal cuja presença no ar é controlada por legislação, como nos EUA e Inglaterra. O estudo dos possíveis efeitos da exposição e acúmulo de chumbo em primatas neotropicais habitantes da região da Grande São Paulo, pode representar uma forma de monitorar os efeitos tóxicos do chumbo no ambiente. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar os níveis de concentração de chumbo total no tecido pulmonar de *Callithrix spp* de vida livre e caracterizar as afecções pulmonares que acometem esses animais provenientes dos municípios da Grande São Paulo, fornecendo assim subsídios para a aplicação de políticas públicas em benefício à saúde humana e a conservação do meio ambiente.

INTRODUÇÃO

O chumbo é reconhecido como um dos elementos químicos mais perigosos para a saúde humana e para o ambiente, não apresenta função bioquímica reconhecida e é classificado como um poluente global, portanto está presente em toda a biosfera (WHO, 1999). Devido às emissões pelas atividades antropogênicas durante dezenas de anos, por meio da utilização de chumbo de tetraetila, $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$, como aditivo na gasolina, na produção de tintas e na produção de munição para armas de fogo, o metal tornou-se ubíquo estando presente no ar, solo e água, tanto em ambientes urbanos como rurais. Atualmente, a atividade que mais utiliza chumbo é a indústria automobilística na produção de baterias (WHO, 1999). A exposição ao chumbo ocorre por inalação de partículas no ar atmosférico e por ingestão de água ou alimentos contaminados. A concentração permitida de chumbo no ar atmosférico no Brasil é $1,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ e os EUA, pela Agência de Proteção Ambiental EPA, utilizam $0,15 \mu\text{m}/\text{m}^3$ (EPA, 1999). Em vários países americanos, europeus e asiáticos ocorre constante monitoramento das emissões de chumbo no ambiente por meio de determinações do metal no material particulado atmosférico.

O chumbo é um metal tóxico com múltiplos órgãos como alvos, alterando os sistemas nervoso central, urinário, hematopoiético, digestório e cardiovascular. As alterações clínicas são inespecíficas e, por vezes, a associação causal entre exposição tóxica ao chumbo e manifestação clínica requer a determinação dos níveis de concentração de chumbo no sangue e nos outros tecidos (BEYER; MEADOR, 2012).

No organismo, o chumbo presente no sangue é considerado um biomarcador para exposição aguda e recente nos últimos meses. Considera-se o nível basal de chumbo no sangue do ser humano e de outros mamíferos $<10 \mu\text{g}/\text{dL}$, e em alguns casos utilizam $<5 \mu\text{g}/\text{dL}$ com valor de referência basal. O chumbo chega aos tecidos respiratórios via inalação de material particulado atmosférico que é inalado e depositado nos pulmões, e na sequência o chumbo é absorvido para a circulação sanguínea (BEYER; MEADOR, 2012). Por intermédio do fluxo sanguíneo, o metal é distribuído em três grandes compartimentos: sangue, tecidos moles (fígado, rim) e tecidos mineralizados (dentes e ossos) (WHO, 1999). Aproximadamente 95% do chumbo presente no organismo de

adultos se concentram nos ossos (BEYER; MEADOR, 2012). A toxicidade do chumbo reflete a sua interferência em diferentes sistemas enzimáticos. O metal inativa as enzimas pela ligação aos grupos sulfidrilas e pela substituição de outros metais nas metaloproteínas (BEYER; MEADOR, 2012). Em exposições crônicas a baixas concentrações, condições de exposição típicas da população humana e animal em geral, os efeitos críticos mais comuns observados ocorrem no sistema nervoso, nos rins, na síntese do heme, na eritropoiese e na pressão arterial (BEYER; MEADOR, 2012). As exposições agudas são raras e apenas ocorreram em doses muito altas por via oral ou dérmica (ALLEN et al, 1974).

Considerando que as emissões de chumbo na atmosfera e em outros compartimentos ambientais são importantes para a avaliação das condições do meio ambiente urbano e que há relação com problemas de saúde pública, o monitoramento ambiental utilizando elementos abióticos e bióticos são fundamentais para o estabelecimento de medidas regulatórias de controle de emissões. Na realização do biomonitoramento ambiental da poluição por chumbo, é importante correlacionar a exposição aos danos teciduais e às manifestações mórbidas dos animais usados como bioindicadores. A grande São Paulo é considerada megalópole e centro econômico, financeiro e industrial do Brasil e, atualmente, monitorada apenas por indicadores abióticos. Existem poucos relatos que correlacionam os efeitos tóxicos do metal em mamíferos de vida livre (WHO, 1989). Dentre os mamíferos que são encontrados na Grande São Paulo, os primatas neotropicais estão entre as espécies com distribuição nas áreas urbanas e periurbanas; são filogeneticamente próximos ao ser humano e poderiam ser bioindicadores da poluição por metais tóxicos. Em particular, os sagüis, que são diurnos, arborícolas e não são espécies ameaçadas de extinção, poderiam ser bioindicadores. Os sagüis, pertencentes as espécies *Callithrix jacchus*, *C. penicillata* e *Callithrix spp* habitam parques e outras áreas verdes da cidade como consequência do escape e solturas sem critérios, uma vez que são originalmente nativos dos biomas Caatinga, Mata Atlântica e Cerrado da região Nordeste e Central do Brasil (MAGALHÃES, 2007). São animais que possuem alto gasto energético e se alimentam de dieta a base de proteína animal e secundariamente proteína vegetal, goma e fungos (AURICCHIO, 1995).

Assim, os objetivos do estudo foram determinar e avaliar as correlações entre os níveis de concentração de chumbo total nos pulmões e as afecções

pulmonares que acometem primatas neotropicais do gênero *Callithrix*, que habitam o ecossistema poluído da Grande São Paulo e do município de Bragança Paulista, SP. Para tanto, foi realizada análise epidemiológica dos animais quanto ao gênero, idade, procedência e espécie e foram determinadas as alterações pulmonares, as causas de morte e as concentrações de chumbo ambiental e no pulmão destes primatas neotropicais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais

Os animais analisados no período de julho de 2011 a abril de 2012 foram provenientes da região da Grande São Paulo, composta por 39 municípios e adicionaram-se os animais advindos do município de Bragança Paulista, localizado a 60 km ao norte da cidade de São Paulo (22°75'07"S, 46°32'31"O). Os animais vieram a óbito naturalmente ou por eutanásia *in extremis*. Foram estudados 18 primatas, sendo três sagüis-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*), cinco sagüis-de-tufo-preto (*Callithrix penicillata*) e 10 sagüis híbridos (*Callithrix* spp.). Foram considerados os animais de qualquer faixa etária e gênero que foram encaminhados para exame necroscópico dentro de 24 horas.

Os critérios de exclusão utilizados foram: 1 – animais procedentes do cativeiro há mais de seis meses; 2 – carcaças em autólise; 3 – animais procedentes de cidades diferentes da região da Grande São e Paulo e município de Bragança Paulista, SP; 4 – animais de espécies diferentes das citadas. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, processo número 2272/2011 e possui autorização pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (ICMBio) do Ministério do Meio Ambiente.

Estudo epidemiológico

O estudo epidemiológico foi referente ao levantamento dos dados na ficha individualizada fornecida pelos médicos veterinários do Centro de Reabilitação de Animais Selvagens (CRAS) do Parque Ecológico do Tietê (PET) e do Laboratório de Estudos da Fauna Silvestre, da Divisão Técnica de Medicina Veterinária e Manejo da Fauna Silvestre da Prefeitura Municipal de São Paulo

no Parque Ibirapuera (PI). Os parâmetros epidemiológicos analisados foram espécie (segundo a classificação feita pela instituição de encaminhamento), sexo, faixa etária e procedência.

Estudo anatomopatológico

As necropsias foram realizadas conforme técnica e análise macroscópica semelhante ao utilizado em mamíferos domésticos e selvagens não ruminantes. Seguida a avaliação macroscópica completa foram coletados fragmentos de pulmão os quais foram fixados em formol 10% para exame em microscópio de luz. Os fragmentos foram processados segundo técnica padrão para inclusão em parafina, cortes em micrótomo com 4 μm de espessura e coloração por Hematoxilina e Eosina (HE) e quando pertinente foi solicitada a coloração específica de Perls. Os parâmetros anatomopatológicos qualitativos analisados nos pulmões e na cavidade torácica foram distribuição e coloração dos pulmões, distensão pulmonar, presença de aderências, alterações circulatórias (congestão, hemorragia, edema), conteúdo aspirado, conteúdo livre em cavidade, presença e distribuição de pigmentos, alterações inflamatórias (pneumonia, pleurite) e parasitos e/ou corpos estranhos, sendo considerado escore 0 para ausência do parâmetro e escore 1 para presença e avaliação semiquantitativa para escore de gravidade o qual variou de zero a três, sendo zero = sem alteração; 1 = alteração mínima; 2 = moderada e 3 = marcante.

A causa de morte, quando não foi realizada a eutanásia, foi definida segundo critérios macro e microscópicos associados ao histórico clínico fornecido pela instituição.

Determinação dos níveis de concentração de chumbo total no ar atmosférico

Para a determinação de chumbo total presente no ar atmosférico, o Laboratório de Análises Toxicológicas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) utilizou o Amostrador de Grande Volume, em coletas trimestrais móveis, adotando como referência o valor de 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o qual não pode ser excedido, como estabelecido pela Resolução da Diretoria da CETESB N°001/99/C, de janeiro de 1999, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 03/02/1999.

Método para quantificação do chumbo no tecido pulmonar

Foram coletados pelo menos 2 gramas de pulmão de cada animal e todas as amostras foram congeladas em freezer -20 °C e enviadas ao Laboratório de Análises Toxicológicas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

A determinação do metal Pb foi realizada por meio espectrometria de absorção atômica em forno de grafite modelo Analyst 600, marca Perkin Elmer®. Para tanto, a umidade do material foi retirada por sete dias em liofilizador modelo Micromodulyo, Estados Unidos. Seguido por moagem criogênica de bolas modelo CryoMill, Retsh, em jarros de moagem de Politetrafluoroetileno (PTFE®), com um programa de moagem de cinco minutos pré congelamento, com posteriores três ciclos de moagem de dois minutos a frequência de 20 hertz, ocorrendo um minuto de congelamento entre os ciclos. O tecido pulmonar foi solubilizado por digestão com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio em microondas baseado no método 3052 da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (U.S EPA, 2011), (QUINÁGLIA, 2006). O limite de quantificação da técnica em geral atinge os elementos de interesse em concentrações baixas, em mg/Kg. As soluções analíticas de referência para confecção das curvas analíticas, bem como os brancos e material de referência usados foram processados da mesma forma que as amostras pulmonares. O padrão utilizado foi o SRM (Standard Reference Material) 1577c – *Bovine Liver* (NIST), o qual possui valor certificado de 0,0628 mg.kg⁻¹, sendo inferior ao limite de quantificação do método (0,05 mg.kg⁻¹). Por isso foi utilizado a técnica de recuperação e de fortificação de amostras, pela adição de padrão com valor conhecido, aceitando-se percentual de recuperação entre 75 – 125%.

Análise estatística

Os parâmetros de peso, gênero, comprimento total e concentração de chumbo no pulmão e ar foram analisados descritivamente, com apresentação em forma de frequência absoluta (n), frequência relativa (%) e/ou média e desvio-padrão. Quanto aos parâmetros anatomopatológicos, as variáveis classificatórias foram descritivamente apresentadas quanto as frequências absolutas (n) e relativas (%). Os valores de chumbo abaixo do limite de quantificação foram considerados a metade tanto para o ar atmosférico como para as determinações

no pulmão para o cálculo da média do nível de chumbo no pulmão dos primatas em conjunto e por espécies. Foi realizada correlação de Spearman entre as variáveis analisadas utilizando o programa de estatístico e gráfico GraphPad Prism 5. As análises foram consideradas significantes quando $p < 0,05$.

RESULTADOS

A análise epidemiológica, mostrou que dentre os primatas analisados 55,5% foram fêmeas (10/18) e 44,5% machos (8/18), sendo 22,2% adultos (4/18), 66,6% jovens (13/18) e 16,7% neonatos (1/18). Os animais foram provenientes de quatro municípios dos 39 que formam a região da Grande São Paulo e um animal foi proveniente do município de Bragança Paulista, SP. A distribuição segundo a região de origem foi 16,5% vieram da região sul (3/18), 44,4% da região leste (3/18), 16,5% da norte (3/18) e 22,2% da região oeste (4/18). A tabela 1 mostra os dados epidemiológicos distribuídos em relação a cada espécie. A figura 1 representa os locais de procedência dos animais dentro da região da Grande São Paulo e os pontos de amostragem de material particulado atmosférico, excluindo o município de Bragança Paulista por estar localizado a 60 km da capital São Paulo.

Tabela 1 - Distribuição dos dados epidemiológicos dos primatas neotropicais procedentes da Grande São Paulo e município de Bragança Paulista, segundo gênero, faixa etária, procedência e total de animais por espécie, sendo apresentado o número absoluto e a frequência relativa (%)

Parâmetros	Especificação	<i>C. jacchus</i>	<i>C. penicillata</i>	<i>Callithrix spp</i>	Total
Sexo	Macho	2	3	3	8 (44,4%)
	Fêmea	1	2	7	10 (55,5%)
FE	Neonato	0	0	1	1 (5,5%)
	Jovem	3	4	6	13 (72,2%)
	Adulto	0	1	3	4 (22,2%)
Região	Norte	0	1	2	3 (16,7%)
	Sul	0	0	3	3 (16,7%)
	Leste	1	4	3	8 (44,4%)
	Oeste	2	0	2	4 (22,2%)
Total	Por espécie	3 (16,7%)	5 (27,8%)	10 (55,5%)	18 (100%)

Dados epidemiológicos dos primatas neotropicais (*C. jacchus*, *C. penicillata* e *Callithrix sp*) encaminhados pelo PI e PET, no período de julho de 2011 a abril de 2012 segundo gênero, faixa etária (FE), procedência (região) e total de animais por espécie.

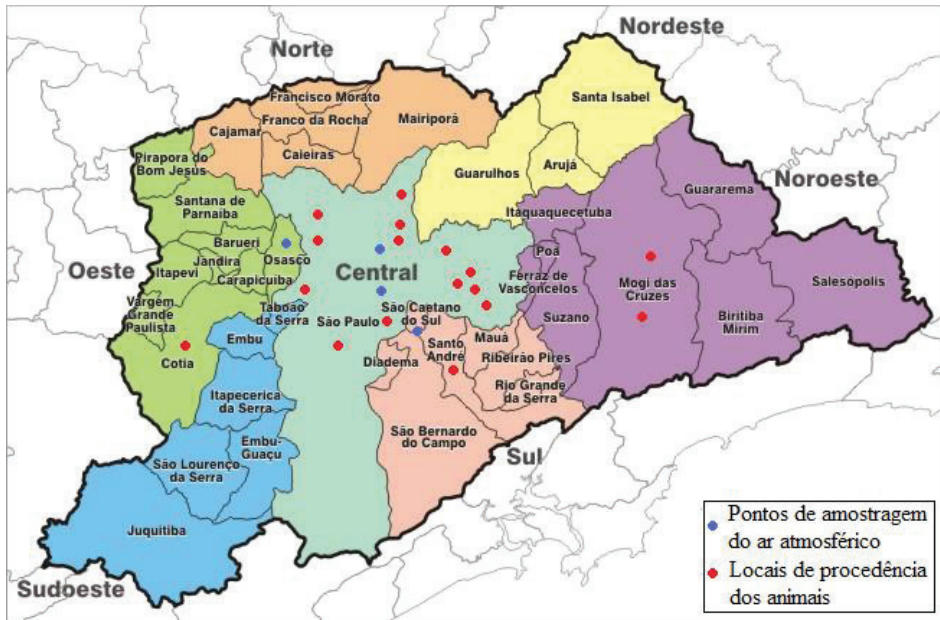


Figura 1. Mapa da região da Grande São Paulo mostrando os locais de procedência dos primatas estudados e os pontos de amostragem do ar atmosférico.

Chumbo atmosférico

A CETESB determinou o chumbo atmosférico em quatro pontos da região estudada e os valores obtidos foram $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no Bairro do Ibirapuera na zona Sul da cidade de São Paulo, $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na cidade de Osasco localizada a Oeste, e $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no Parque Dom Pedro I, na Zona Norte da cidade, e na cidade de São Caetano, município a Sudeste da cidade de São Paulo. Na figura 1 estão distribuídos os pontos de amostragem do ar atmosférico.

Chumbo total no parênquima pulmonar

A concentração média e desvio padrão da concentração de chumbo total obtida foi $0,306 \pm 0,238 \text{ g/Kg}$ em pulmão seco considerando todos os primatas neotropicais. Dos 18 animais analisados, 17 apresentaram quantidade de chumbo menor que o limite de quantificação, ou seja, $<0,50 \text{ g/Kg}$ de chumbo em pulmão e em um animal, *C. jacchus*, foi determinado $1,260 \text{ g/Kg}$.

Resultados anatomopatológicos

O exame histopatológico do pulmão revelou que 15 dos 18 animais apresentaram alterações circulatórias tais como congestão (100%), hemorragia (55,5%) e edema (44,4%). Processos inflamatórios ocorreram em 22,2% dos casos (4/18), representadas por pneumonia broncointersticial necrótica em 11,1% (2/18), pneumonia neutrofílica 5,5% (1/18) e broncopneumonia fibrinótica purulenta 5,5% (1/18). Observou-se antracose em frequência de 11,1% (2/18) presentes nos septos alveolares e ao redor de vasos sanguíneos de médio e grande calibre. Com a coloração de Perls, constatou-se presença de hemossiderina nos focos de antracose. A figura 2 ilustra a presença de pigmentos antracóticos no pulmão.

Das causas de morte, a eutanásia *in extremis* perfaz frequência de 44,4% (8/18), sendo que os traumas inespecíficos (2/8), o trauma craniano (3/8) e o politraumatismo (1/8) ocorreram em 75% dos casos em que foi realizada a eutanásia. Já as causas de óbito em condições naturais ocorreram em maior frequência em 55,6% dos casos (10/18). Nesses casos a insuficiência respiratória frequência de 40% (4/10), seguido do choque hipovolêmico com 30% (3/10) e o choque neurogênico também com 30% (3/10). O Diagrama 1 apresenta a distribuição dos animais conforme a causa de morte e moléstia principal.

Em apenas um animal foi detectado chumbo em amostra de pulmão acima do nível de detecção. Tratou-se de um sagüi-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*), macho, jovem, proveniente da região leste da grande São Paulo, que apresentou 1,260 g/Kg de chumbo em pulmão. No exame anatomopatológico foi diagnosticado pneumonia broncointersticial aguda localmente extensiva e necrose alveolar moderadas. Este animal veio a óbito em condições naturais devido a insuficiência respiratória.

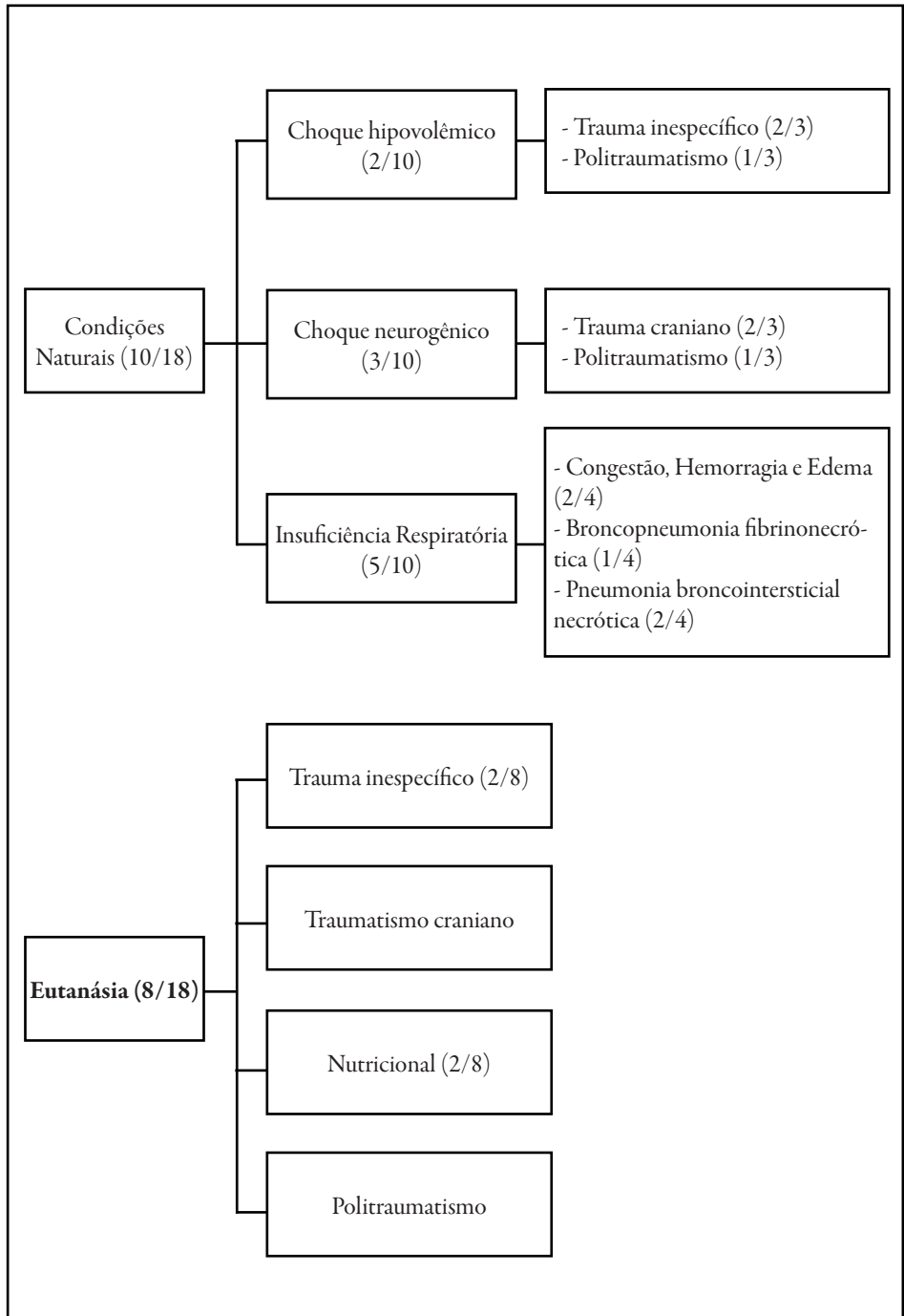


Diagrama 1. Número de animais por causa de morte e moléstia principal.

DISCUSSÃO

A determinação das concentrações de chumbo no pulmão de saguis de vida livre foi pela primeira vez realizada. Tais resultados demonstraram que os saguis do gênero *Callithrix* estão expostos e bioconcentram o chumbo presente no ar atmosférico da Grande São Paulo em níveis não tóxicos, na maioria abaixo do limite de detecção. O nível médio determinado está dentro do basal considerado em outras espécies incluindo o ser humano, ou seja $<10 \mu\text{g/dL}$, sendo usado em alguns casos $<5 \mu\text{g/dL}$ (MA, 2011).

Em um estudo feito por Długaszek e Kopczyn' ski (2014), em uma região central da Polônia, utilizando amostras de pele, fígado e músculo coletados de veados (*Capreolus capreolus*), javalis (*Sus scrofa*) e lebres (*Lepus europaeus*) durante o outono, verificaram que as concentrações de chumbo encontradas na pele destes animais são comparáveis às obtidas em amostras de cabelos humanos, concluindo que animais silvestres podem ser usados como bioindicadores de exposição por fontes ambientais de chumbo e por contaminação deste metal. A comparação entre as exposições às fontes naturais e antropogênicas foram analisadas em um estudo com pequenos mamíferos de vida livre carnívoros (*Sorex araneus*) e herbívoros (*Clethrionomys glareolus*) na Holanda, onde constatou-se que não há diferenças significativas entre as duas fontes, pois tanto animais das áreas de maior tráfego quanto os animais afastados das atividades poluidoras, obtiveram a mesma concentração de chumbo em amostras de rim (HAMERS et al, 2002).

Os saguis do gênero *Callithrix* recebidos no período de 10 meses de análise totalizaram 18 animais, sendo a maior frequência observada da espécie *Callithrix spp.*, perfazendo 55,5% do total, a espécie *C. penicillata* com 27,8% e *C. jacchus* com 16,7%. A maior quantidade de saguis híbridos pode ter ocorrido já que a presença de duas espécies invasoras, *C. jacchus* procedente do nordeste brasileiro e *C. penicillata*, que ocorre nos biomas da caatinga e do cerrado (HIRSCH et al, 2002), podem competir por território e hibridizar (SÃO PAULO, 2007). Os números de machos e fêmeas foram proporcionais, oito e dez respectivamente, e a faixa etária com maior frequência foi jovem com 66,6%. Já a região com maior procedência de animais foi a região Leste (55,5%),

e as outras regiões foram proporcionais. As espécies analisadas também podem ser indicativas que estes animais estão expostos as condições da cidade de São Paulo por um período curto uma vez que não são espécies de ocorrência natural na cidade e geralmente decorrentes de filhotes e jovens que escapam ou são soltas nas áreas verdes da cidade. Este fato possivelmente reflita nos níveis baixos de Pb determinados.

A avaliação dos pulmões dos animais indicou alterações circulatórias e inflamatórias de caráter inespecífico e agudo, sem correlação com os níveis de chumbo determinados e que foram considerados moléstias principais que causaram ou contribuíram para a causa de morte em cinco casos. Os processos pulmonares que acometem os PN são associados a importante causa de morte e são na minoria relacionados a processos infecciosos (BENNET, 1998; SÁ, 1999). As doenças infecciosas do trato respiratório são relatadas como frequentes em colônias de primatas neotropicais em cativeiro, sendo frequentes óbitos decorrentes (SCOTT, 1992).

A antracose foi diagnosticada em apenas 11,1% dos pulmões avaliados, que pode ser em parte devido a maior frequência da faixa etária jovem, não havendo tempo suficiente para que ocorra acúmulo de pigmentos carbonáceos/antracóticos os quais carregam as partículas de chumbo. O grau de pigmentos antracóticos nos pulmões também pode ser reflexo da menor exposição ao ambiente poluído por serem animais jovens de espécies não de ocorrência natural na cidade. Há estudos mostrando que o grau de antracose pulmonar pode estar relacionado à poluição e qualidade do ar, demonstrando que os primatas neotropicais da cidade de São Paulo estão sujeitos aos mesmos efeitos deletérios da poluição que as pessoas, por habitarem as cidades e por apresentarem exposição variável dependendo do local que moram ou permanecem por mais tempo, uma vez que há variação dos níveis de Pb nas diferentes regiões da grande São Paulo como percebemos nos níveis determinados no ar atmosférico nos pontos de amostragem (PINKETON et al, 2000; SAIEG et al, 2011).

Os níveis de chumbo no pulmão dos primatas neotropicais foram abaixo do nível de detecção em 17 casos, porém em um *Callithrix jacchus* foi determinado nível de 1,260 g/Kg de chumbo em pulmão, mostrando que os primatas

neotropicais do gênero *Callithrix* estão expostos ao chumbo na Grande São Paulo e bioconcentram este metal em concentração média de $0,306 \pm 0,238$ g/Kg de pulmão.

Embora estudos com mamíferos sejam escassos, Jarvis et al (2013), analisou amostras de fígado de tatus (*Dasypus novemcinctus*) de seis cidades da Geórgia e da Flórida nos Estados Unidos da América e verificaram que fêmeas possuem maior concentração de chumbo no fígado e discutem a possibilidade desta correlação tratar-se das propriedades químicas de um organo-metal. Os autores também encontraram uma concentração maior de deste metal em animais coletados próximos às áreas utilizadas por instalações militares e com maior trânsito de veículos. Outro estudo mostrou que a análise de amostras de fígado em mussaranhos (*Crocidura russula*) em uma área de contaminação ambiental por uma mina de pirita na Espanha, verificou maior concentração de chumbo em machos e adultos (SÁNCHEZ-CHADI et al, 2009).

O estudo permitiu concluir que a concentração de chumbo no pulmão de PN de vida livre do gênero *Callithrix* da Grande São Paulo e do município de Bragança Paulista, SP, varia de indetectável a 1,260 g/Kg de pulmão, demonstrando pela primeira vez que estas espécies estão expostas e bioconcentram chumbo em baixas concentrações e por essas razões poderiam ser utilizadas como bioindicadores da poluição por Pb. Estudos mais longos e com maior número de espécimes podem reforçar as hipóteses levantadas em estudos futuros.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da FAPESP, CNPq e da Reitoria da Universidade de São Paulo. Aos médicos veterinários do DEPAVE-3 do Parque Ibirapuera e do CRAS no Parque do Tietê por nos cederem os animais. A Colaboração do Laboratório de Análises Toxicológicas da CETESB, em nome do responsável Dr. Gilson Alves Quinágua e sua equipe técnica do Setor de Análises Toxicológicas da CETESB. E ao apoio, colaboração e esforço de todos do Laboratório de Gastroenteropatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - USP: Thiago Luiz Gonçalves, Dennis Castellani, Sofia Dressel, Alex Souza e Leandro Haroutune.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, J.R.; MCWEY, P.J.; SUOMI, S.J.: *Pathobiological and Behavioral Effects of Lead Intoxication in the Infant Rhesus Monkey*. Environmental Health Perspectives, May 1974.
- AMPUERO, F.; SÁ, L.R.M.: *Ocorrência das causas de morte em bugios ruivos (Alouatta clamitans Cabrera, 1940) de vida livre do município de São Paulo*. 18º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo. 2010.
- AURICCHIO, P.; *Primatas do Brasil*. São Paulo: Terra Brasilis. 1995. 168p.
- BEYER, W.N.; MEADOR, J.P.; *Environmental Contaminants in Biota*, Ed. Taylor & Francis Group, 2a. edition, 2012.
- DLUGASZEK, M.; KOPCZYN', K.: *Correlations Between Elements in the Fur of Wild Animals*. Bull Environ Contamination Toxicology, Ed. Springer, 2014.
- HAMERS, T; SMIT, A. M.; BOSVELD, A. T. C.; VAN DER BERG, J. H. J.; KOEMAN, J. H.; VAN SCHOOTEN, F. J.; MURK, A.J.: *Lack of a Distinct Gradient in Biomarker Responses in Small Mammals Collected at Different Distances from a Highway*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 43, pages 345–355, 2002.
- HIRSCH, A. et al. Database of georeferenced occurrence localities of Neotropical Primates, 2002. Disponível em <http://www.icb.ufmg.br/~primatas/home_bdgeoprim.htm> acesso em 30/01/2013.
- JARVIS, T. A.; LOCKHART, J. M.; LOUGHRY, W. J.; BIELMYER, G. K.: *Metal accumulation in wild nine-banded armadillos*, Ecotoxicology, vol. 22, pages 1053–1062, 2013.
- PIRKENTON, K.E.; GREEN, F.H.; SAIKI, C.; VALLYATHAN, V.; PLOPPER, C.G.; GOPAL, V.; HUNG, D.; BAHNE, E.B.; LIN, S.S.; MENACHE, M.G. et al: *Distribution of particulate matter and tissue remodeling in the human lung*. Environ Health Perspect 2000, 108(11):1063-1069.
- PIRKENTON, K.E.; GREEN, F.H.; SAIKI, C.; VALLYATHAN, V.; PLOPPER, C.G.; GOPAL, V.; HUNG, D.; BAHNE, E.B.; LIN, S.S.; MENACHE, M.G. et al: *Distribution of particulate matter and tissue remodeling in the human lung*. Environ Health Perspect 2000, 108(11):1063-1069.
- RYLANDS, A. B.; SCHNEIDER, H.; LANGGUTH, A.; MITTERMEIER, R. A.; GROVES, C. P. AND RODRÍGUEZLUNA, E.: *An assessment of the diversity of New World primates*. Neotropical Primates 8(2): 61-93. 2000.
- SAIEG, M.A.; CURY, P.M.; GODLESKI, J.J.; STEARNS, R.; DUARTE, L.G.P.; D'AGOSTINO, L.; KAHN, H.; PINTO, E.M.; MAUAD, T.; SALDIVA, P.H.N.;

- BERNARDI, F.D.C.: Differential elemental distribution os retained particles along the respiratory tract. *Inhalation Toxicology*, 2011; 23(8):459-467.
- SÁNCHEZ-CHADI, A.; RIBEIRO, C. A. O.; NADAL, J.: *Metals in liver and kidneys and the effects of chronic exposure to pyrite mine pollution in the shrew Crocidura russula inhabiting the protected wetland of Doñana*, *Chemosphere*, Ed. Springer, vol. 76, pages 387–394, 2009.
- SÃO PAULO: Fauna Silvestre. Quem não e onde vivem os animais na metrópole paulistana, Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, 2007.
- U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency. Disponível em <<http://www.epa.gov/lawsregs/compliance>>. Acesso em: 05 jun. 2013.
- U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency. Disponível em <<http://www.epa.gov/lawsregs/compliance>>. Acesso em: 05 mar. 1999.

PARTE VI

CONSERVAÇÃO

CAPÍTULO 28

Taxonomy and the Conservation of Neotropical Primates

Anthony B. Rylands and Russell A. Mittermeier

Conservation International, 2011 Crystal Drive, Arlington, VA 22202, USA

E-mail: a.rylands@conservation.org

Abstract

The first step in conservation planning is the compilation of species lists and their threatened status, gathering information on their distributions, populations, ecological needs, and threats. The IUCN Red List identifies threatened species, and influences investment in endangered species programs, *in situ* and *ex situ*, allowing, besides, the measurement of trends in overall threats and the conservation status of different sets of species. IUCN's 2008 Global Mammal Assessment categorized the status of 412 species and 634 taxa of primates. The most recent taxonomy of the IUCN Primate Specialist Group has 496 species and 695 taxa. The use of threatened species' lists for conservation requires a certain taxonomic stability, confounded by taxonomists active in describing species and revising taxonomic groups using new materials and methods (morphological and genetic) and different species concepts. Using Neotropical primates as an example, we indicate how the taxonomy has changed since the late 1950s (the taxonomy of W. C. Osman Hill), and consider especially the use of the Phylogenetic Species Concept (PSC). Osman Hill's taxonomy listed 202 Neotropical primates, 66 of them species. Forty-two platyrrhines have been described since then, but even so the number of taxa has increased by only nine. The taxonomic list has changed in its composition and in the ratio of species to subspecies; today we recognize 211 taxa but 167 of them are species due to the increasing application of the PSC.

Introduction

For conservation purposes a species does not exist if it has not been given a name or there is no understanding of its geographic distribution—the “what?” and “where?” must be resolved before the “how?” Conservation biology focuses on species whatever the overall approach or aim in conservation measures. Species conservation is, likewise, an unavoidable focus when taking an entirely utilitarian attitude of protecting those creatures that benefit people, or in the maintenance of ecosystem services and the promotion of the abstract notion of “healthy ecosystems.” Biodiversity assessments underpin all conservation planning, and the species is the natural taxonomic rank to form the basis for evaluation, monitoring and management (Mace, 2004). As pointed out by Zinner and Roos (2014), the age-old debates and the voluminous literature concerned with the concept of species and the ways to identify and define species reflect its importance as the fundamental unit in most fields of biology, and notably evolutionary ecology, macroecology and biogeography, ecology and conservation. As a unit for the assessment of the conservation status of populations, communities, ecosystems, landscapes, or the organisms themselves, it is, therefore, important that “the species” be consistent, coherent and fundamentally stable.

Although the importance of taxonomy has always been recognized by taxonomists, taxonomy as such has not always been given due consideration or attention, even in experimental and applied research on primates. Hershkovitz (1965) found it incredible that “the [U.S.] government would spend millions of dollars for the establishment and operation of seven huge primate centers and millions for their respective research programs but not one cent for satisfying the elementary and prior need for an authoritative determination of the kinds of animals used in research” (p.1157). It was deemed sufficient to identify experimental animals as “squirrel monkey” or “capuchin monkey,” with their origin as “South America” or “Miami.” It was the biodiversity crisis and the particular need to protect primates suffering from the onslaught on the world’s tropical forests beginning in the late 1960s and early 70s that brought to light not only the fundamental need for an understanding of primate systematics, but also the difficulties of setting out conservation priorities when a coherent and stable taxonomy is lacking (Mace, 2004).

The essential first step in the cycle of activities in conservation planning and conservation business is the compilation of lists of threatened species with associated information on their distributions, populations, ecological needs and their conservation status in terms of population declines, threats and conservation measures (legislation, management, and protected areas) (Mace, 2004). The cost of producing and maintaining role calls of international, national and regional threatened species such as the IUCN Red List, U.S. Endangered Species Act, and the Brazilian Official List of Threatened Species is considerable, as is the influence they have on how and where conservation funds are spent. These lists are an essential component of Environmental Impact Assessments (RIMAs), and multilateral, international and national environmental agreements, for example, CITES, RAMSAR wetlands, the Convention on Migratory Species (CMS), and fisheries and trade agreements. Brazil has clearly demonstrated its recognition of the importance of getting the lists right with the creation of research and conservation centers for birds, aquatic mammals, marine turtles, marine biodiversity, freshwater fishes, reptiles and amphibians, and primates within the government's Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Brazil, MMA ICMBio, 2009). Created in 2001, the Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB) now has a remarkable taxonomic database with all the pertinent information available for prioritizing research and elaborating strategies for the conservation of the country's extraordinarily diverse primate fauna. Brazil has more primates than any other country: at the last count 122 species and 145 species and subspecies.

Changing taxonomy

Issues arising from unstable taxonomies have been highlighted most particularly by the difficulties in assessing the threatened status of species when the species themselves are being redefined and the number of species is changing (Isaac *et al.*, 2004; Mace, 2004). After a period of relative stability in the 1970s and 80s, the number of recognized primate species has been increasing—from a low of 151 (Wolfheim's 1983 list) to 496 (current assessment by the IUCN SCC Primate Specialist Group) (Figure 1). This affects the eventual lists, be they regional, national or global, because of the need for constant re-assessment and new assessments, and in the instability of the statistics produced.

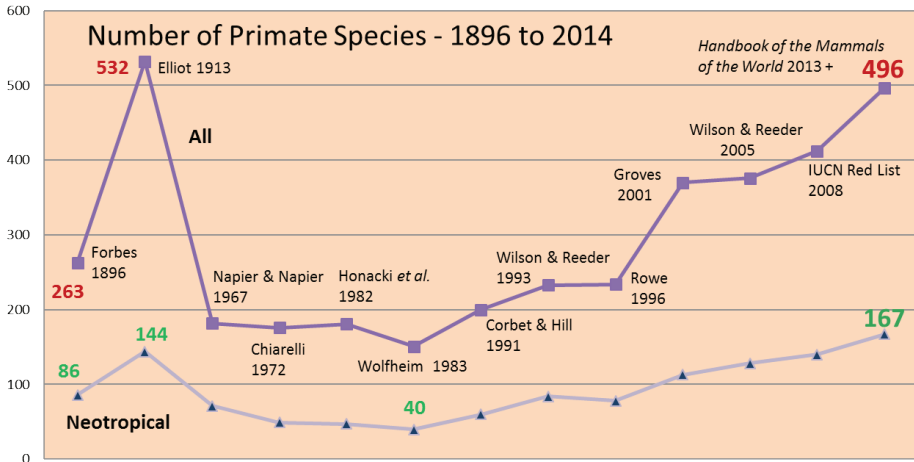


Figure 1. The numbers of primate species in reviews since Forbes (1894). The top line (squares) is for all primates, the line below (triangles) for the Neotropical primates. The current number of species is based on the *Handbook of the Mammals of the World*, Volume 3, *Primates* (Mittermeier *et al.*, 2013), adding a number of species newly described or resurrected from synonymy (Ambrose, 2013; Munds *et al.*, 2013; Rasoloarison *et al.*, 2013; Thiele *et al.*, 2013; Gregorin and Vivo, 2013; Marsh, 2014).

The IUCN Red List uses quantitative criteria based on population size, rate of decline, and area of distribution to assign species to one of seven categories of relative extinction risk, ranging from ‘Extinct’ to ‘Least Concern’. It identifies the species that are threatened, and directly influences investment in endangered species programs both *in situ* and *ex situ*. The Red List Index is used to detect trends—taxonomic, spatial, and temporal—in the conservation of biological diversity, and is particularly relevant when entire taxonomic groups are assessed (Bubb *et al.*, 2009). Trends in extinction risk can be generated for both species and threats, for particular taxonomic groups, for species relevant to particular policy mechanisms, for biogeographic regions, for different ecosystems and habitats, and so on (see, for example, Schipper *et al.*, 2008).

Four hundred and twelve primate species (634 species and subspecies) were included in IUCN’s 2008 Global Mammal Assessment; 140 species (199 species and subspecies) were Neotropical (Schipper *et al.*, 2008). In July 2014, the list of the IUCN SSC Primate Specialist Group totaled 496 species (695 species and subspecies) worldwide, with 167 species and 211 species and subspecies in the

Neotropics. The increase of 61 primate species and subspecies in the world list since 2008 is of course not a simple addition. It would be if due entirely to newly described species, the populations of which were previously unknown and not included in any assessments of other species. As pointed out by Agapow *et al.* (2004), newly recognized taxa can variably affect the conservation status of previously assessed neighboring congeners; most frequently the species assessed in 2008 will have included the populations of many of the newly recognized species, and a species subsequently split into two makes any change in its conservation status a consequence of the taxonomic revision (a reduction in population size and range), rather than a change in status due to increased threat. This invalidates a previous assessment. In some cases a taxonomic revision may result in a species being combined (synonymized) with another, in which case a new assessment is required of the valid taxon and loss of the taxon synonymized will alter the numbers for reasons not related to conservation effort or changing circumstances but because of a taxonomic adjustment. The Primate Specialist Group has always provided for the assessment of the conservation status of subspecies as well as species, so when subspecies are raised to the status of full species, previous assessments of the taxon remain valid, but that of the species now with a reduced geographic range has to be re-assessed. These taxonomic changes complicate, however, the data base, and frustrate attempts to analyze trends because the content and size of the species' lists are continually changing.

Changes in threatened status of any particular species need, under any circumstances, to be labelled as taxonomic or due to new information, or to a real change in status due to, for example, continued decline, an increase in threat, or to conservation measures put in place and providing positive results. A useful index of the state of biodiversity needs to discriminate these causes of change, and provide an understanding of which threats and which conservation measures are behind any change.

Causes of change in primate taxonomy

The increase in the number of species since the early 1990s (Figure 1) has four possible causes: 1) the discovery of previously undescribed species; 2) taxonomic revisions incorporating new information in morphology, biology and behavior, and from the field (specimens and geographical distribution); 3) karyology and

molecular phylogenetics; and 4) adoption of the Phylogenetic Species Concept (PSC) (Cracraft, 1983). All these change the taxonomy of the world's primates, but to what extent do each contributed to what has been perceived pejoratively as taxonomic "inflation"? (Isaac *et al.*, 2004; Zachos *et al.* 2013).

Discoveries of new taxa. One hundred and thirteen primates were formally described in the period 1990 to July 2014. Ten of them were subsequently synonymized, leaving 103 additions to the taxonomic list of primates; nearly 15% of the 697 currently recognized. Twenty-two of the 103 newly described primates were described as subspecies, but 13 of them were subsequently reclassified as full species. Two were described as species and subsequently reclassified as subspecies. Thirty Neotropical primates have been described since 1990 (Rylands *et al.*, 2012), but five of them were subsequently found to be synonyms. Garbino (2014) concluded that *Mico manicorensis* (Van Roosmalen *et al.*, 2000) was a synonym of *Mico marcai* (Alperin, 1993). Oliveira and Langguth (2006) showed that the blond capuchin *Cebus queirozi*, described in Pontes *et al.* (2006), was a synonym of *Sapajus flavius* (Schreber, 1774). Pinto and Ferrari (2013) informed that the Neblina black uakari *Cacajao hosomi* Boubli *et al.*, 2008, was a synonym of *C. melanocephalus* (Humboldt, 1812), although the reasons why have yet to be published. Only seven of the 30 newly described platyrrhine primates were described as subspecies, and two of them (Marca's marmoset *Callithrix argentata marcai*, and the blond titi *Callicebus personatus barbarabrownae* HersHKovitz, 1990) were subsequently considered full species. Defler (2014) and Ruiz-García *et al.* (2014) insisted that the Colombian woolly monkey *Lagothrix lugens* Elliot, 1907, is a subspecies of *L. lagothricha* and that the two subspecies of *L. lugens* described by Mantilla-Meluk (2013) are synonyms.

Taxonomic revisions. There have of course been numerous taxonomic revisions since the 1990s; incorporating new specimens, often, and importantly, with an improved understanding of the geographic distributions of the taxa involved, and also including pertinent biological and behavioral information. These revisions sometimes result in a net increase in the number of taxa recognized, sometimes in a reduction in number of taxa.

The Neotropical primates have benefited particularly from the attention given to them by Philip HersHKovitz. He published a series of papers on the Callitrichidae, resulting eventually in his massive monograph published in

1977, along with two subsequent papers on *Saguinus nigricollis* and *S. imperator* (1979a, 1982). While recognizing the extraordinary diversity of taxa in this family, Hershkovitz classified its members largely as subspecies—47 taxa in 16 species. Hill (1957) listed 44 callitrichids, but only eight of them as subspecies (Table 1). In 1967, Napier and Napier listed 42 taxa in 34 species, which did not include the seven that Hershkovitz described between 1966 and 1982. So, in this case, there was little net change in the number of taxa, and the tally today of 47 species and 62 taxa results largely from nine callitrichids described post-Hershkovitz. Seven of those nine described are in the genus *Mico*, all from within the range that Hershkovitz had ascribed to *Callithrix argentata melanura* and *Callithrix humeralifer* (see Rylands *et al.*, 1993). Besides the new species, just five callitrichid taxa are recognized today that were synonymized by Hershkovitz (1977): *Cebuella pygmaea niveiventris* (Lönnerberg, 1940), *Saguinus labiatus rufiventer* (Gray, 1843), *Callithrix kuhlii* Coimbra-Filho, 1985, and *Mico emiliae* (Thomas, 1920) (see Vivo, 1991; Van Roosmalen and Van Roosmalen, 1997; Groves 2001a; Coimbra-Filho *et al.*, 2006; Gregorin and Vivo, 2013). One of Hershkovitz's (1977) taxa, *Saguinus fuscicollis acrensis* (Carvalho, 1957), was found to be a hybrid (Peres *et al.* 1996). Excluding the nine callitrichids described since 1990, revisions since Hershkovitz (1977) have resulted in a net increase of four taxa.

Hill (1960) recognized four species of capuchin monkeys, *Cebus*, all polytypic (38 subspecies in all). Napier and Napier (1967) also recognized four species, but with 33 subspecies. Today we recognize 22 species and 25 taxa, so revisions have reduced the number of taxa, but increased the number considered to be full species. Of the squirrel monkeys, Hill (1960) recognized five species and 16 taxa in total. Napier and Napier (1967) reduced the species to two, but with eight subspecies. Revisions by Hershkovitz (1984) and Thorington (1985) and among others have resulted in a taxonomy today which has 11 taxa in all, including *Saimiri vanzolinii* described by Ayres in 1985, but with the number of species still in question.

Only one species of night monkey, *Aotus*, was recognized by Hill (1960); *A. trivirgatus*, but with 10 subspecies, none of them listed by Napier and Napier (1967). In his revision in 1983, Hershkovitz recognized seven of Hill's 10 subspecies, resurrected three that Hill had omitted, and described two more. With

the description of *A. jorgehernandezi* Defler and Bueno, 2007, the current taxonomy has 11 species and 13 taxa. Only a slight increase in numbers.

In other platyrrhine genera, successive revisions by Hershkovitz himself increased the number of taxa. In his 1963 review of the titi monkeys, for example, he listed three species and 14 taxa. In his 1990 revision, Hershkovitz listed 13 species and 25 taxa. A subsequent review by Van Roosmalen *et al.* (2002) described two new species and listed all of Hershkovitz's titis as full species—the inflation targeted by Isaac *et al.* (2004). With the description of a further four species, at present *Callicebus* is the most diverse genus in the Order Primates, with 31 species (and more being described). Although some are aghast at the number of titis, it is still less than the 34 listed by Hill (1960) (Table 1).

Table 1. A comparison of the taxonomies of the platyrrhine primates according to Elliot (1913), Napier and Napier (1967) and Hill (1957, 1960, 1962) with that of the IUCN SSC Primate Specialist Group (July 2014).

	Elliot (1913)	Napier & Napier (1967)		Hill (1957, 1960, 1962) ¹		IUCN SSC Pri- mate Specialist Group		Taxa described since 1957
	Taxa	Species	Taxa	Species	Taxa	Species	Taxa	
Pygmy marmoset	1	1	2	1	2	1	2	0
Marmosets	11	8	8	11	14	20	20	9
Goeldi's monkey	1	1	1	1	1	1	1	0
Tamarins	18	28	24	20	33	21	35	7
Lion tamarins	3	3	3	3	4	4	4	1
Squirrel monkeys	7	2	8	5	16	7	11	2
Capuchin monkeys	23	4	33	4	38	22	25	1
Night monkeys	15	1	9	1	10	11	13	3
Titis	22	3	14	7	34	31	31	9
Sakis	5	3	3	2	6	16	16	7
Bearded sakis	3	2	3	3	3	5	5	1
Uakaris	3	3	4	4	5	3	7	2
Howlers	14	5	21	6	26	12	19	0
Spider monkeys	11	4	16	5	19	7	15	0
Woolly monkeys	6	2	4	3	6	5	8	0
Muriquis	1	1	1	2	2	2	2	0
Total taxa: Neotropical	144	71	154	66	202	167	211	42
Total: All primates	582	182	586	-	-	496	695	-

Hill (1960) listed two species of sakis, *Pithecia*, with six taxa in all. Napier and Napier (1967) listed a monotypic *P. pithecia* and *P. monachus* with two subspecies. Hershkovitz's first revision of the genus (1979b) resulted in four species. In his more comprehensive revision of 1987 he divided the genus into two groups: the *Pithecia pithecia* group with one species (two subspecies); and the *Pithecia monachus* group with four species (six species and subspecies): so eight taxa in all. This taxonomy, however, failed to reflect the true diversity of the genus, spread throughout a large majority of the Amazon, and the revision of Marsh (2014), based on morphology and pelage, increased the number of taxa recognized to 16, all species, five which were described for the first time.

According to Hill (1962), there were six species of howlers and 26 taxa in all—four of those howlers in Brazil, with 14 taxa. Groves (2001) revised this latter tally to six species and eight taxa in Brazil (*Alouatta guariba* and *A. seniculus* each comprising two subspecies). An extensive study by Gregorin (2006) resulted in his listing of 10 species in Brazil, all of them monotypic. Compared to Hill (1957) this was a net loss of four taxa.

The Neotropical primate taxonomy of Hill (1957, 1960, 1962) totaled 66 species and 202 taxa in all. This compares to the current taxonomy of 167 species and 211 taxa of the IUCN SSC Primate Specialist Group in July 2014. Forty-two platyrrhines have been described since 1957, so if we subtract those from the current count, we can indicate that taxonomic revisions have pared, deflated, Osman Hill's taxonomy by 33 taxa.

Karyology and molecular phylogenetics. Studies of chromosomes have been influential in the taxonomy of the marmosets, *Callithrix* and *Mico* (Nagamachi *et al.*, 1999), night monkeys, *Aotus* (Hershkovitz, 1983), the tufted capuchins, *Sapajus* (Seuánez *et al.*, 1986), and the howlers, *Alouatta* (Minezawa, 1985; Stanyon *et al.*, 1995; Vassart *et al.*, 1996). For the marmosets, the effect on the number of species was nil, the main areas of interest were in clarifying their relationships and phylogeny. Hershkovitz (1983) found that karyotype and the pelage colors and patterns divided the night monkeys into two natural groups, and he described two new species based on these characters, *Aotus nancymaae* and *A. brumbacki*. With these two new species his revision resulted in eight

species and 10 taxa, smaller than the number listed by Elliot (1913) and essentially the same as that indicated by Hill (1960) and Napier and Napier (1967). The two taxa we recognize in addition to those of Hershkovitz (1983) are *A. zonalis* Goldman, 1914, in Panama and *A. jorgehernandezi* Defler and Bueno, 2007, in Colombia, both distinguished by their karyotype (Defler and Bueno (2007). Ruiz-Herrera *et al.* (2005) reported that cytogenetic studies have characterized 18 different karyotypes with diploid numbers ranging from 46 to 58 chromosomes. Studies of the karyotypes of howlers, resulted in Hill's (1962) *A. seniculus sara*, *A. s. arctoidea*, *A. s. macconnelli* and *A. belzebul nigerrima* being raised to full species (Minezawa *et al.*, 1986; Armada *et al.*, 1987; Lima and Seuánez, 1989; Stanyon *et al.*, 1995; Vassart *et al.*, 1996), but chromosome studies have not otherwise increased the number of taxa. Molecular genetic studies have not resulted in an increase in the number of howlers, rather the opposite. Cortés-Ortiz *et al.* (2003) found that mtDNA data do not support the distinction of *A. palliata coibensis* Thomas, 1902 and *A. p. trabeata* Lawrence, 1933, and that there was a lack of evolutionary distinctiveness between all of the *A. palliata* subspecies, indicating that the subspecies *A. p. aequatorialis* (Festa, 1903) and *A. p. mexicana* (Merriam, 1902) too may not be valid taxa.

In general, molecular phylogenetic studies are based on existing taxonomies and carried out to test relationships between the taxa rather than search for new ones. As in the case of the howlers, they are just as liable to reduce them. The discovery of new taxa is more likely when sampling is widespread, looking at populations in different parts of the range. In a phylogenetic study of the gracile capuchins, *Cebus*, Boubli *et al.* (2012) made taxonomic adjustments because of evidence for paraphyly, a number of subspecies of *Cebus olivaceus* were found to be too genetically similar to be valid, and a number of northern Colombian subspecies of *Cebus albifrons* were found to have diverged enough to warrant their classification as species. Ruiz-García *et al.* (2011), however, sampled numerous locations in the range of *Cebus capucinus* and uncovered evidence that Central American populations differed sufficiently from those in Colombia to warrant resurrecting *Cebus imitator* Thomas, 1903, previously considered a synonym of *C. capucinus*. Ruiz-García's findings were confirmed by Boubli *et al.* (2012).

While radically altering Hershkovitz's (1977) propositions regarding the evolution of the callitrichids, phylogenetic studies have largely confirmed his taxonomy (Buckner *et al.*, 2014). Matauschek *et al.* (2011) who studied the Peruvian tamarins, concluded that the Peruvian saddleback tamarins should be considered distinct species, except for *S. f. melanoleucus* (Miranda Ribeiro, 1912), which was very closely related to *S. f. weddelli* (Deville, 1849) despite being entirely white. They consequently placed *melanoleucus* as a subspecies of *weddelli*. As in the case of *C. capucinus*, sampling from different locations in the supposed range of *S. f. leucogenys*, Matauschek *et al.* (2011) revealed that there are different species either side of the Río Pachitea, each in a different clade. Another example is the molecular genetic analysis of tamarins either side of the Rio Tocantins by Vallinoto *et al.* (2006) that uncovered distinct forms that had otherwise been lumped as *Saguinus niger*. This resulted in the resurrection of the type species of the genus *Saguinus* by Gregorin and Vivo (2013); *S. ursulus* Hoffmannsegg, 1807, previously considered a synonym by Hershkovitz (1977).

Species concepts. The chief culprit for the increase in number of species is the use of the Phylogenetic Species Concept (PSC) of Cracraft (1983): “an irreducible cluster of organisms that is diagnosably distinct from other such clusters, and within which there is a parental pattern of ancestry and descent.” The articles of Isaac *et al.* (2004) and Zachos *et al.* (2012), complaining of what they called “taxonomic inflation”, were inspired by the publication of two seminal books by Colin P. Groves—*Primate Taxonomy* (Groves, 2001) and *Ungulate Taxonomy* (Groves and Grubb, 2011)—a strong advocate for the use of the PSC. Groves has published clear and cogent arguments for the advantages of the PSC over the Biological Species Concept (BSC), in vogue during the 1970s and 80s, in describing, classifying and naming the diversity of mammals, and primates in particular (2001a, 2001b, 2004, 2012, 2013).

The BSC defines species as “groups of actually or potentially interbreeding natural populations which are reproductively isolated from other such groups” (Mayr, 1963). As pointed out by Groves, this definition works well with sympatric populations—one can evidence the lack of interbreeding—but is not

helpful for allopatric species that are reproductively isolated. The PSC hugely simplifies the task of identifying species; a consistent diagnosable trait is all that is needed, and each species designated as such is a testable hypothesis. This provides for fixed irreducible basal taxa and is a better tool for assessing biological diversity, surely the principal aim of cataloguing species and, for conservation purposes, the best way to assess the diversity that needs to be protected. It does, however, result in an increase in the numbers of species at the cost of subspecies. Agapow *et al.* (2004) demonstrated that the PSC increases the number of species by 50% when compared to non-phylogenetic concepts. Gippoliti and Amori (2007) noted that the 2005 edition of *Mammal Species of the World* listed 787 species for the first time: 260 were newly described, 527 were previously considered subspecies.

Discussion

A “unit of conservation” (Hey *et al.*, 2003) “should be chosen to maximize the potential for evolutionary success—and therefore to preserve adaptive diversity across the range of the taxon” (Mace, 2004; p.715). Taking the genus as the taxon in this case, the PSC catalogues the diversity within it with more objectivity and ease than any other species concept. Isaac *et al.* (2004) pinpointed the increase in number of titi species as the prime example of taxonomic inflation¹. On what basis can one say how many titis there *should be*? What is their baseline? The period of stability in primate taxonomy in the two decades before 1985, applauded by Isaac *et al.* (2004), was in fact just a period of stagnation in primate taxonomy. From 1950s to the 70s, the taxonomy sustaining the rapid growth in primate research *in situ* and *ex situ* was provided by Osman Hill’s series of monographs and the Napier’s compilation of 1967, the latter identifying 182 species, 71 of them Neotropical (Table 1). There were only five first descriptions between 1957 and 1967 (0.5 a year), and only 27 between 1967 and 1990 (0.3 per year), but 98 between 1990 and 2013 (4.3 per year). Neotropical primates benefitted from the continued attention of Hershkovitz in the 1970s

¹ Perhaps an incorrect moniker in that the issue is not the increase in numbers of taxa but the increase in the number of recognized species as opposed to subspecies. “Species inflation” would be clearer.

and 80s. Only in the last 15 years have the prosimians and Old World monkeys been receiving attention, and this with the use of analytical tools previously unavailable (Groves, 2001a).

Mace (2004) argues the case for a stable conservation taxonomy that, as she explains well, is desirable for “assessing the state of biodiversity” part of the cycle of activities involved in conservation, be it for species, for ecosystems or for landscapes. The suggestion is to have different “species” lists: one would units for listing (consistent, pragmatic, change rarely and can be somewhat arbitrary), and the other for management; the latter presumably, hopefully, with the most up-to-date and complete taxonomy that can identify the diversity of the group in question. A stagnant taxonomy would be entirely incompatible with the goal of preserving the potential for evolutionary success and adaptive diversity across the range of the taxon. Over the last 15 or so years, the, now largely extinct, science departments of the big international conservation NGOs dedicated immense efforts to prioritization and strategic planning based on species lists—ecoregions, hotspots, species richness, areas of endemism, irreplaceability and so on—and, as pointed out by Mace (2004), the constant state of flux and turnover in taxonomy was inconvenient in contriving paradigms to direct resources to the “right places” with the “right strategies,” especially with regard to threatened species lists (citing Burgmann, 2002; Possingham *et al.*, 2002; Balmford *et al.*, 2003). Mace (2004) did however see a glimmer of hope: “For conservation listing, the PSCs pose a series of problems, which may be overcome once phylogenetic knowledge is sufficiently complete that we can use phylogenies rather than arbitrary break points in the trees” (p.716). Over the last 20 years there have been extraordinary advances in our understanding of primate phylogeny (for example, Tagliaro *et al.* 1997, 2005; Perelman *et al.*, 2011; Ruiz Garcia *et al.* 2011; Boubli *et al.*, 2012; Buckner *et al.*, 2014; Schneider and Sampaio, 2014), and the turbulence in the primate taxonomy that was felicitously inspired by the rallying cry of the conservation movement to research our so-poorly-known biological diversity is calming down. With new techniques, new information, and repeated comparative and synthetic analysis, the advances in our understanding and description of the diversity

of the New World primates has been tremendous. The stability called for by conservationists is paradoxical when at the same time they lament the lack of research in taxonomy and systematics. Stability, however, is eventually inevitable, and probably soon forthcoming, if only because of the finite and diminishing numbers of primate populations. All the Neotropical primate genera and numerous genera from Old World have undergone taxonomic revisions over the last 20 years, greatly improving our understanding of the diversity of the Order—a boon for conservation, not an inconvenience. Forty-two Neotropical taxa have been described since 1957, but the overall number has changed little since the taxonomy proposed by Hill (1957, 1960, 1962); a net increase of nine (Table 1). The key issue is in the name “species” that irrevocably underpins conservation. As suggested by Mace (2004), the burden should lie with the conservationists not the taxonomists to deal with inconvenient change, be it of names or numbers of species. As emphasized by Agapow *et al.* (2004) and Groves (2013), perceived problems with the PSC—logistical impracticalities for conservation planning—are no reason to reject it. It is the most practical, objective and logical way to catalogue primates at least, and is allowing us to see that “the biological world is much more diverse, much richer than we had imagined” (Groves 2013; p.9).

References

- Agapow, P.-M., Bininda-Emonds, O.R.P., Crandall, K.A., Gittleman, J.L., Mace, G.M., Marshall, J.C. and Purvis, A. 2004. The impact of species concept on biodiversity studies. *Quart. Rev. Biol.* 79: 161–179.
- Ambrose, L. 2013. *Sciurocheirus makandensis* sp. nov. Makandé Squirrel Galago. In: *The Mammals of Africa*, Vol. 2, T. M. Butynski, J. Kingdon and J. Kalina (eds.), pp.421–422. Bloomsbury Publishing, London.
- Armada, J.L.A., Barroso, C.M.L., Lima, M.M.C., Muniz, J.A.P.C. and Seuánez, H.N. 1987. Chromosome studies in *Alouatta belzebul*. *Am. J. Primatol.* 13: 283–296.
- Ayres, J.M. 1985. On a new species of squirrel monkey, genus *Saimiri*, from Brazilian Amazonia (Primates, Cebidae). *Pap. Avul. Zool.*, São Paulo (36): 147–164.
- Balmford, A., Green, R. E. and Jenkins, M. D. 2003. Measuring the changing state of nature. *Trends Ecol. Evol.* 18: 326–330.

- Brazil, ICMBio. 2009. Portaria No.78, 3 de setembro de 2009. *Diário Oficial da União*, (170) Seção 1: 235. 4 de setembro de 2009. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). URL: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/portariacentros1.pdf>>. Accessed 16 July 2014.
- Brazil, ICMBio, CPB. 2014. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros (CPB), João Pessoa, Paraíba. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). URL: <<http://www.icmbio.gov.br/cpb/>>. Accessed 16 July 2014.
- Boubli, J.P., Rylands, A.B., Farias, I., Alfaro, M. and Lynch Alfaro, J. 2012. *Cebus* phylogenetic relationships: a preliminary reassessment of the diversity of the untufted capuchin monkeys. *Am. J. Primatol.* 74: 381–393.
- Bubb, P.J., Butchart, S.H.M., Collen, B., Dublin, H., Kapos, V., Pollock, C., Stuart, S.N. and Vié, J.-C. 2009. *IUCN Red List Index – Guidance for National and Regional Use*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Buckner, J.C., Lynch Alfaro, J., Rylands, A.B. and Alfaro, M.E. 2014. Biogeography of the marmosets and tamarins (Callitrichidae). *Mol. Phylogenet. Evol.* In press. <http://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.04.031>.
- Burgman, M.A. 2002. Are listed threatened plant species actually at risk? *Aust. J. Bot.* 50: 1–13.
- Chiarelli, A.B. 1972. *Taxonomic Atlas of Living Primates*. Academic Press, London.
- Coimbra-Filho, A.F., Rylands, A.B., Mittermeier, R.A., Mendes, S.L., Kierulff, M.C.M. and Pinto, L.P.S. 2006. The taxonomic status of Wied's black-tufted-ear marmoset, *Callithrix kublii* (Callitrichidae, Primates). *Primate Conserv.* (21):1–24.
- Corbet, G.B. and Hill, J.E. 1991. *A World List of Mammalian Species*. 3rd edition. Natural History of Museum Publications, London.
- Cortés-Ortiz, L., Bermingham, E., Rico, C., Rodríguez-Luna, E., Sampaio, I. and Ruiz-García, M. 2003. Molecular systematics and biogeography of the Neotropical monkey genus, *Alouatta*. *Mol. Phylogenet. Evol.* 26: 64–81.
- Cracraft, J. 1983. Species concepts and speciation analysis. *Curr. Ornithol.* 1: 159–187.
- Defler, T. R. 2014. Colombian *Lagothrix*: analysis of their phenotypes and taxonomy. In: T. R. Defler and P. R. Stevenson (eds.), *The Woolly Monkey: Behavior, Ecology, Systematics, and Captive Research*, pp. 32–58. Springer, New York.
- Defler, T.R. and Bueno, M L. 2007. *Aotus* diversity and the species problem. *Primate Conserv.* (22): 55–70.

- Elliot, D.G. 1913. *A Review of Primates*. Monograph Series. Three volumes. American Museum of Natural History, New York.
- Forbes, H. O. 1896–1897. *A Hand-Book to the Primates*. Two volumes. Edward Lloyd, London.
- Frankham, R., Ballou, J.D., Dudash, M.R., Eldridge M.D., Fenster, C.B., Lacy, R.C., Mendelson III, H.R., Porton, I.J., Ralls, K. and Ryder, O.A. 2012. Implications of different species concepts for conserving biodiversity. *Biol. Conserv.* 153: 25–31.
- Garbino, G.S.T. 2014. The taxonomic status of *Mico marcai* (Alperin 1993) and *Mico manicorensis* (van Roosmalen *et al.* 2000) (Cebidae, Callitrichinae) from southwestern Brazilian Amazonia. *Int. J. Primatol.* 35: 529–546.
- Gippoliti, S. and Amori, G. 2007. The problem of subspecies and biased taxonomy in conservation. *Folia Zool.* 56: 113–117.
- Gregorin, R. 2006. Taxonomia e variação geográfica das espécies do gênero *Alouatta* Lacépède (Primates, Atelidae) no Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 23: 64–144.
- Gregorin, R. and Vivo, M. de. 2013. Revalidation of *Saguinus ursula* Hoffmansegg (Primates: Cebidae: Callitrichinae). *Zootaxa* 3721(2): 172–182.
- Groves, C.P. 2001a. *Primate Taxonomy*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Groves, C.P. 2001b. Why taxonomic stability is a bad idea, or why are there so few species of primates (or are there?). *Evol. Anthropol.* 10: 192–198.
- Groves, C.P. 2004. The what, why and how of primate taxonomy. *Int. J. Primatol.* 25: 1105–1126.
- Groves, C.P. 2012. Species concept in primates. *Am. J. Primatol.* 74: 687–691.
- Groves, C.P. 2013. The nature of species: a rejoinder to Zachos *et al.* *Mammal. Biol.* 78: 7–9.
- Groves, C.P. and Grubb, P. 2011. *Ungulate Taxonomy*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Hershkovitz, P. 1963. A systematic and zoogeographic account of the monkeys of the genus *Callicebus* (Cebidae) of the Amazonas and Orinoco River basins. *Mammalia* 27: 1–80.
- Hershkovitz, P. 1965. Primate research and systematics. *Science* 147: 1156–1157.
- Hershkovitz, P. 1977. *Living New World Monkeys (Platyrrhini) with an Introduction to Primates, Vol. I*. The Chicago University Press, Chicago.

- Hershkovitz, P. 1979a. Races of the emperor tamarin, *Saguinus imperator* Goeldi (Callitrichidae, Primates). *Primates* 20(2): 277–287.
- Hershkovitz, P. 1979b. The species of sakis, genus *Pithecia* (Cebidae, Primates), with notes on sexual dichromatism. *Folia Primatol.* 31:1–22.
- Hershkovitz, P. 1982. Subspecies and geographic distribution of black-mantle tamarins *Saguinus nigricollis* Spix (Primates: Callitrichidae). *Proc. Biol. Soc. Wash.* 95(4): 647–656.
- Hershkovitz, P. 1983. Two new species of night monkeys, genus *Aotus* (Cebidae, Platyrrhini): A preliminary report on *Aotus* taxonomy. *Am. J. Primatol.* 4: 209–243.
- Hershkovitz, P. 1984. Taxonomy of squirrel monkeys, genus *Saimiri*, (Cebidae, Platyrrhini): a preliminary report with description of a hitherto unnamed form. *Am. J. Primatol.* 4: 209–243.
- Hershkovitz, P. 1987. The taxonomy of South American sakis, genus *Pithecia* (Cebidae, Platyrrhini): a preliminary report and critical review with the description of a new species and new subspecies. *Am. J. Primatol.* 12: 387–468.
- Hershkovitz, P. 1990. Titis, New World monkeys of the genus *Callicebus* (Cebidae, Platyrrhini): a preliminary taxonomic review. *Fieldiana Zool. n.s.* (55): 1–109.
- Hey, J., Waples, R.S., Arnold, M.L., Butlin, R.K. and Harrison, R.G. Understanding and confronting species uncertainty in biology and conservation. *Trends Ecol. Evol.* 18: 597–603.
- Hill, W.C.O. 1957. *Primates Comparative Anatomy and Taxonomy III. Pithecoidea Platyrrhini (Families Hapalidae and Callimiconidae)*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Hill, W.C.O. 1960. *Primates Comparative Anatomy and Taxonomy IV. Cebidae Part A*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Hill, W.C.O. 1962. *Primates Comparative Anatomy and Taxonomy V. Cebidae Part B*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Honacki, J.H., Kinman, K.E. and Koeppl, J.W. 1982. *Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference*. Allen Press, Inc., Lawrence, KA.
- Isaac, N.J.B., Mallet, J. and Mace, G.M. 2004. Taxonomic inflation: its influence on macroecology and conservation. *Trends Ecol. Evol.* 19 464–469.
- IUCN. 2008. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.1. URL: <<http://www.iucnredlist.org>>. Accessed 16 July 2014.
- Lima, M.M.C. and Seuánez, H.N. 1989. Cytogenetic characterization of *Alouatta belzebul* with atypical pelage coloration. *Folia Primatol.* 52: 97–101.

- Mantilla-Meluk, H. 2013. Subspecific variation: an alternative biogeographic hypothesis explaining variation in coat color and cranial morphology in *Lagothrix lugens* (Primates: Atelidae). *Primate Conserv.* (26): 33-48.
- Marsh, L.K. 2014. A taxonomic revision of the saki monkeys, *Pithecia* Desmarest, 1804. *Neotrop. Primates* 21(1): 1-161.
- Matauschek, C., Roos, C. and Heymann, E.W. 2011. Mitochondrial phylogeny of tamarins (*Saguinus*, Hoffmannsegg 1807) with taxonomic and biogeographic implications for the *S. nigricollis* species group. *Am. J. Phys. Anthropol.* 144: 564-574.
- Minezawa, M., Harada, M., Jordan, O.C. and Valdivia Borda, C.J. 1986. Cytogenetics of the Bolivian endemic red howler monkeys (*Alouatta seniculus sara*): accessory chromosomes and Y-autosome translocation related numerical variations. *Kyoto Univ. Overseas Res. Rep. New World Monkeys* 5: 7-16.
- Mittermeier, R.A., Rylands A.B. and Wilson D.E. (eds.). 2013. *Handbook of the Mammals of the World. Volume 3. Primates*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Mace, G.M. 2004. The role of taxonomy in species conservation. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., B*. 359: 711-719.
- Munds, R.A., Nekaris, K.A.I. and Ford, S.M. 2013. Taxonomy of the Bornean slow loris, with new species *Nycticebus kayan* (Primates, Lorisidae). *Am. J. Primatol.* 75(1): 46-56.
- Nagamachi, C.Y., Pieczarka, J.C., Muniz, J.A.P.C., Barros., R.M.S. and Mattevi, M.S. 1999. Proposed chromosomal phylogeny for the South American primates of the Callitrichidae Family. (Platyrrhini). *Am. J. Primatol.* 49: 133-152.
- Napier, J.R. and Napier, P.H. 1967. *A Handbook of Living Primates*. Academic Press, London.
- Napier, P.H. 1976. *Catalogue of Primates in the British Museum (Natural History). Part 1: Families Callitrichidae and Cebidae*. British Museum (Natural History), London.
- Oliveira, M.M. de and Langguth, A. 2006. Rediscovery of Marcgrave's capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). *Bol. Mus. Nac., N.S.*, Rio de Janeiro (523): 1-16.
- Perelman, P. et al. 2011. A molecular phylogeny of living primates. *PloS Genet.* 7: e1001342.
- Pinto, L.P. and Ferrari, S.F. 2013. Black-headed uacari *Cacajao melanocephalus*. In: *Handbook of the Mammals of the World. Volume 3. Primates*, R. A. Mittermeier, A. B. Rylands & D. E. Wilson (eds.), p.482. Lynx Edicions, Barcelona.

- Pontes, A.R.M., Malta, A and 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 Center. *Zootaxa* 1200: 1–12.
- Possingham, H.P., Andelman, S.J. Burgman, M.A., Medellin, R.A., Master, L.L. and Keith, D.A. 2002. Limits to the use of threatened species lists. *Trends Ecol. Evol.* 17: 503–507.
- Rasoloarison, R.M., Weisrock, D.W., Yoder, A.D., Rakotondravony, D. and Kappeler, P.M. 2013. Two new species of mouse lemurs (Cheirogaleidae: *Microcebus*) from eastern Madagascar. *Int. J. Primatol.* 34: 455–469.
- Rowe, N. 1996. *The Pictorial Guide to the Living Primates*. Pogonias Press, East Hampton, NY.
- Ruiz-García, M., Castillo, M.I., Ledezma, A., Leguizamón, N., Sanchez, R., Chinchilla, M. and Gutierrez-Espeleta, G.A. 2011. Molecular systematics and phylogeography of *Cebus capucinus* (Cebidae, Primates) in Colombia and Costa Rica by means of the mitochondrial COII gene. *Am. J. Primatol.* 73: 1–15.
- Ruiz-García, M., Pinedo-Castro, M. and Shostell, J. M. 2014. How many genera and species of woolly monkeys (Atelidae, Platyrrhine, Primates) are there? The first molecular analysis of *Lagothrix flavicauda*, an endemic Peruvian primate species. *Mol. Phylogenet. Evol.* 79: 179–198.
- Ruiz-Herrera, A., García, F., Aguilera, M., Garcia, M. and Fontanals, M.P. 2005. Comparative chromosome painting in *Aotus* reveals a highly derived evolution. *Am. J. Primatol.* 65: 73–85.
- Rylands, A.B., Mittermeier, R.A. and Silva-Júnior, J.S. 2012. Neotropical primates: taxonomy and recently described species and subspecies. *Int. Zoo Yearb.* 46: 11–24.
- Schneider, H. and Sampaio, I. 2014. The systematics and evolution of New World primates—a review. *Mol. Phylogenet. Evol.* In press. <http://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.10.017>.
- Schipper, J. *et al.* 2008. The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science* 322: 225–230.
- Seuánez, H.N., Armada, J.L., Freitas, L., da Rocha e Silva, R., Pissinatti, A. and Coimbra-Filho, A.F. 1986. Intraspecific chromosome variation in *Cebus apella* (Cebidae, Platyrrhini): the chromosomes of the yellow-breasted capuchin *Cebus apella xanthosternos* Wied, 1820. *Am. J. Primatol.* 10:237–247.
- Stanyon, R., Tofanelli, S., Morescalchi, M.A., Agoramoorthy, G., Ryder, O.A. and Wienberg, J. 1995. Cytogenetic analysis shows extensive genomic rearrangements between red howler (*Alouatta seniculus* Linnaeus) subspecies. *Am. J. Primatol.* 35: 171–183.

- Tagliaro, C.H., Schneider, M.P.C., Schneider, H., Sampaio, I.C. and Stanhope, M.J. 1997. Marmoset phylogenetics, conservation perspectives, and evolution of the mtDNA control region. *Mol. Biol. Evol.* 14: 674–684.
- Tagliaro, C. H., Schneider, H., Sampaio, I., Schneider M.P.C., Vallinoto, M. and Stanhope, M. 2005. Molecular phylogeny of the genus *Saguinus* (Platyrrhini, Primates) based on the ND1 mitochondrial gene and implications for conservation. *Genet. Molec. Biol.* 28: 46–53.
- Thiele, D., Razafimahatratra, E. and Hapke, A. 2013. Discrepant partitioning of genetic diversity in mouse lemurs and dwarf lemurs—biological reality or taxonomic bias? *Mol. Phylogenet. Evol.* 69(3): 593–609.
- Thorington Jr., R.W. 1985. The taxonomy and distribution of squirrel monkeys (*Saimiri*). In: *Handbook of Squirrel Monkey Research*, L. A. Rosenblum and C. L. Coe (eds.), pp.1–33. Plenum Press, New York.
- Vallinoto, M., Araripe, J., Rego. P.S., Tagliaro, C.H., Sampaio, I. and Schneider, H. 2006. Tocantins River as an effective barrier to gene flow in *Saguinus niger* populations. *Genet. Mol. Biol.* 12: 823–833.
- Van Roosmalen, M.G.M. and Van Roosmalen, T. 1997. An eastern extension of the geographical range of the pygmy marmoset, *Cebuella pygmaea*. *Neotropical Primates* 5(1): 3–6.
- Van Roosmalen, M.G.M., Van Roosmalen, T. and Mittermeier, R. A. 2002. A taxonomic review of the titi monkeys, genus *Callicebus* Thomas, 1903. with the description of two new species, *Callicebus bernhardi* and *Callicebus stephennashi*. *Neotrop. Primates* 10(suppl.): 1–52.
- Vassart, M., Guédant, A., Vié, J.-C., Kéravec, J., Séguéla A. and Volobouev, V.T. 1996. Chromosomes of *Alouatta seniculus* (Platyrrhini, Primates) from French Guiana. *J. Hered.* 87: 331–334.
- Vivo, M. de. 1991. *Taxonomia de Callithrix Erxleben, 1777 (Callitrichidae, Primates)*. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.
- Wolfheim, J.H. 1983. *Primates of the World: Distribution, Abundance, and Conservation*. University of Washington Press, Seattle, WA.
- Wilson, D.E. and Reeder, D.M. (eds.). 1993. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. 2nd edition. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Wilson, D.E. and Reeder, D.M. (eds.). 2005. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. 3rd edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.

- Zachos, F.E. *et al.* 2013. Species inflation and taxonomic artefacts—a critical comment on recent trends in mammalian classification. *Mammal. Biol.* 78: 1–6.
- Zinner, D. and Roos, C. 2014. So what is a species anyway? A primatological perspective. *Evol. Anthropol.* 23: 21–23.

CAPÍTULO 29

Estimativa populacional de mico-leão-da-cara-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*) em um fragmento de mata atlântica semidecídua no sudoeste da Bahia, Brasil

Tainah C. Moreira, Jocidison dos S. Rocha & Christine S. S. Bernardo

Grupo de Biologia da Conservação, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié, Bahia, Brasil (tainah21@hotmail.com)

RESUMO

A área de Mata Atlântica vem sofrendo declínio desde a colonização do Brasil, representando assim uma grande ameaça, especialmente para espécies endêmicas. Cerca de dois terços de primatas ameaçados ocorrem nesse bioma, mas estimativas populacionais estão disponíveis para poucas espécies. Informações básicas, como abundância relativa, são primordiais para o planejamento de ações de conservação e monitoramento populacional em longo prazo. Assim, estimamos a abundância relativa do ameaçado mico-leão-da-cara-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*) em um fragmento de 244 ha de mata semidecidual em Itororó (SO da BA, Brasil). Percorremos 117 km de transectos lineares de setembro de 2012 a setembro de 2013. *L. chrysomelas* foi visualizado quatro vezes, principalmente pela manhã. A abundância relativa estimada de 0,34 registros/10 km foi menor quando comparado aos estudos na Reserva Biológica de Una, porém maior que na Serra das Lontras e Javi. Assim, os dados sugerem que a área também é importante para a conservação da espécie, localizada em uma paisagem intensamente fragmentada, pouco estudada e desprotegida por lei. Este é o primeiro passo para monitorar a população de Itororó em longo prazo. Avaliar a dinâmica populacional ao longo do tempo será importante para

analisar a viabilidade populacional da espécie nestes remanescentes de Mata Atlântica semidecídua.

POPULATION ESTIMATE OF GOLDEN-HEADED LION TAMARINS (*Leontopithecus chrysomelas*) IN A SEMIDECIDUOUS ATLANTIC FOREST FRAGMENT OF SOUTHWESTERN BAHIA, BRAZIL

ABSTRACT

Atlantic rainforest has been greatly reduced since Brazil's colonization, thus representing a threat, especially to the endemic species. About two thirds of the endangered primate species occur in this biome, but population estimates are available for few of them. Basic information as relative abundance is important for conservation planning and population monitoring in the long-term. Thus, we estimated relative abundance of the endangered golden-headed lion tamarin (*Leontopithecus chrysomelas*) in a 244 ha fragment of semideciduous forest in Itororó (southwestern Bahia, Brazil). Line transects were carried on from September 2012 to September 2013, summing up to 117 km. *L. chrysomelas* was recorded four times, mainly during the morning. The relative abundance of 0.34 sightings/10 km was lower when compared to studies in Una Biological Reserve, but higher than in Serra das Lontras and Javi National Park. Thus, data suggest that the study area is also important for the species conservation, which is located in a severely fragmented landscape region dominated by understudied and unprotected semideciduous forest fragments. This is the first step for monitoring Itororó population in the long-term. Evaluating population dynamics over time will be important for analyzing the species population viability in the remnants of semideciduous Atlantic rainforest.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica brasileira vem perdendo consideravelmente sua cobertura vegetal desde a colonização do país, sendo hoje um dos biomas mais ameaçados do mundo. Encontra-se bastante fragmentada, mas é considerada um *hotspot* para a conservação mundial, por ainda abrigar alta riqueza e endemismo (MENDES *et al.*, 2010; CAMPANILI e PROCHNOW, 2006; MYERS *et al.*, 2000).

A Mata Atlântica originalmente cobria uma área de cerca de 1.360.000 km² (MMA *et al.*, 2000; CAMPANILI e PROCHNOW, 2006). No entanto, estima-se que atualmente haja cerca de 16% de remanescentes florestais, sendo a maioria (*i.e.*: 80%) menor que 50 ha e apenas 9% protegidos por meio de unidades de conservação (RIBEIRO *et al.*, 2009). Estas áreas protegidas representam ainda importantes áreas para manutenção da fauna ameaçada do bioma, havendo 548 registros de 168 espécies ameaçadas em unidades federais da Mata Atlântica (NASCIMENTO e CAMPOS, 2011).

Dentre a fauna ameaçada da Mata Atlântica, estima-se que cerca de dois terços (15 espécies) dos primatas ameaçados hoje ocorrem neste bioma (CHIARELLO *et al.*, 2008). Os fragmentos do sul da Bahia possuem áreas consideradas de alta e extrema importância biológica (MMA *et al.*, 2000) e abrigam pelo menos quatro espécies ameaçadas de primatas. As matas semidecíduais dessa região, por exemplo, abrigam populações em perigo de extinção, como o mico-leão-da-cara-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*) nos seus pequenos fragmentos isolados e não protegidos (IUCN, 2013; TABARELLI *et al.*, 2006; MARTINI *et al.*, 2007).

Leontopithecus chrysomelas (Kuhl, 1820) é um primata calitriquídeo endêmico da Mata Atlântica do sul da Bahia e do extremo norte de Minas Gerais (IUCN, 2013). Nessa distribuição há duas distintas formações vegetais: floresta ombrófila próxima do litoral e floresta semidecidual mais a oeste (GUIDORIZZI, 2008), sendo essas com graus de conservação e características ambientais particulares. Em ambas as formações há intensas pressões de fragmentação oriundas das atividades agropecuárias, com o plantio de cacau (*Theobroma cacao*) mais predominante nas matas ombrófilas e as pastagens nas matas semidecíduais (GUIDORIZZI, 2008). Estas atividades antrópicas representam um desafio à conservação da espécie, pois a espécie depende de matas que contenham ocos de árvores que são utilizados como sítios de dormida e bromélias epífitas para forrageio (RABOY *et al.*, 2004). Tais características podem ser reduzidas em florestas secundárias e degradadas (RABOY *et al.*, 2004), o que pode influenciar a permanência de mico-leão-da-cara-dourada em fragmentos de floresta secundária e degradada em longo prazo.

L. chrysomelas faz parte do Plano de Ação Nacional (PAN) Mamíferos da Mata Atlântica Central (CPB/ICMBio, 2010), devido ao alto risco de ameaça e ao grande potencial da espécie como dispersor de sementes e, consequentemente, com implicações diretas na regeneração das florestas (CATENACCI *et al.*, 2009). Estudos ecológicos específicos de longa duração (como o monitoramento populacional) e análises genéticas de diferentes populações são ações recomendadas no livro vermelho da fauna brasileira (CARVALHO, 2008).

No presente estudo estimamos a abundância relativa do mico-leão-da-cara-dourada em um fragmento de Mata Atlântica semidecidual do município de Itororó, Bahia. Conhecer o *status* da população remanescente é o primeiro passo para o futuro monitoramento desta em longo prazo. O conhecimento da dinâmica populacional desta espécie em várias localidades ao longo do tempo é importante para analisar a viabilidade populacional, o que contribui para atualizar o *status* de ameaça pela IUCN e auxiliar em qualquer ação conservacionista (RYLANDS *et al.*, 2008). Dados de estimativas populacionais também indicam localidades com maior chance de avistamento, auxiliando futuros estudos com o primata em questão, como translocação e planejamento de áreas protegidas e/ou corredores, por exemplo.

METODOLOGIA

Área de estudo

Esse estudo foi realizado em um fragmento de 244 ha de Mata Atlântica semidecidual, pertencente à Fazenda Cabana da Ponte (24L 389364 L e 8330989 S, datum WGS84). A área de estudo localiza-se no município de Itororó, na parte oeste da distribuição da espécie.

A região encontra-se bastante fragmentada, devido principalmente à atividade de pecuária extensiva. Há registro de caçadores e vestígios de entrada de gado no fragmento florestal, o que pode comprometer a regeneração florestal devido ao pisoteio de plântulas. Neste remanescente florestal, o *L. chrysomelas* encontra-se em simpatria com o sagui-de-wied (*Callithrix kuhlii*).

De acordo com os dados pluviométricos anuais médios dos meses de janeiro de 2009 a abril de 2013, coletados no município de Itororó e disponibilizados pelo Ceplac, há estação seca de maio a setembro (amplitude de 60 mm) e estação chuvosa de outubro a abril (amplitude > 140 mm).

Estimativa populacional

Utilizamos o método de transectos lineares em quatro trilhas distintas, que variaram de 250 a 2850 m, distribuídas por toda a área de estudo. O método consiste em percorrer as trilhas previamente demarcadas, em uma velocidade constante de cerca de 1 km/h (PERES, 1999; PERES e CUNHA, 2011). Anotamos a data e horário de avistamento, nome da espécie, número de indivíduos, coordenadas geográficas, km percorridos e distância perpendicular do animal à trilha. A eficácia da metodologia depende do cumprimento de quatro premissas básicas: (1) todos os indivíduos na trilha devem ser detectados, (2) os avistamentos devem ocorrer na posição inicial do animal, (3) as distâncias perpendiculares devem ser medidas com precisão e (4) os eventos de detecção devem ser independentes (PERES, 1999; PERES e CUNHA 2011).

Os transectos foram percorridos de setembro de 2012 a setembro de 2013, compreendendo as estações seca e chuvosa, entre os horários entre 6:00 h e 17:00 h, obtendo-se 117 km de esforço amostral. A abundância relativa (registros/10 km) foi calculada multiplicando o número de registros por 10 e dividindo este valor pelo esforço amostral (quilometragem total percorrida).

RESULTADOS

Leontopithecus chrysomelas foi avistado quatro vezes, com uma média de três indivíduos por grupo (mínimo de um indivíduo avistado e máximo de quatro indivíduos) e abundância relativa de 0,34 registros/10 km. Os grupos foram vistos em uma distância perpendicular média de 9,5 m (mínimo de 1 m e máximo de 20 m). A espécie foi mais registrada no período da manhã (08:00 h às 11:00 h, figura 1).

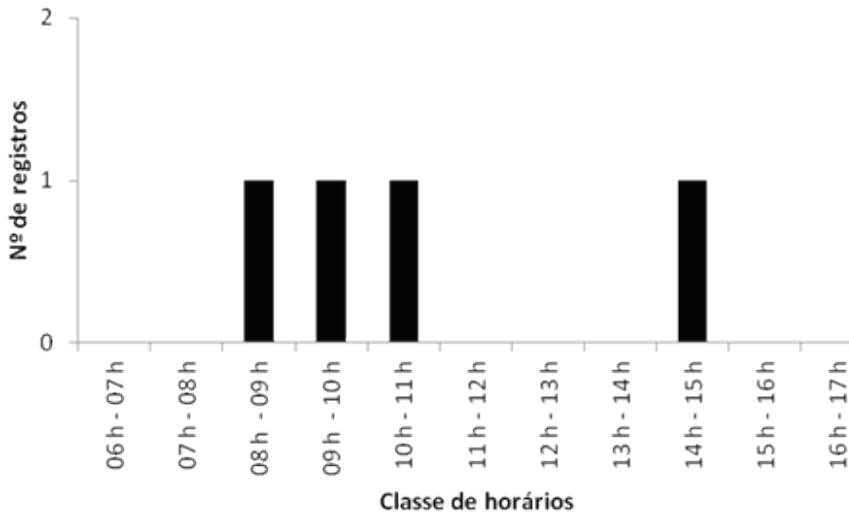


Figura 1. Horários de registros de *L. chrysomelas* no fragmento de Mata Atlântica semidecídua em Itororó (BA, Brasil), de setembro de 2012 a setembro de 2013.

DISCUSSÃO

A abundância relativa encontrada para o mico-leão-da-cara-dourada no fragmento estudado foi menor quando comparada a um estudo realizado em outra área de Mata Atlântica do sul da Bahia, como a Reserva Biológica de Una (MOREIRA, 2009). Porém, foi maior que a abundância estimada no Parque Nacional Serras das Lontras e Javi (MOREIRA, 2009) (Tabela 1).

Tabela 1. Abundância relativa (registros/10km) de mico-leão-da-cara-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*) obtida pelo método de transecto linear em alguns fragmentos remanescentes de Mata Atlântica da Bahia

Fragmento florestal	Abundância relativa	Área do fragmento (ha)	Km total percorrida	Referência
Itororó	0,34	244	117	Presente estudo
Una	0,49	18.500	284	Moreira (2009)
Serras das Lontras e Javi	0,13	16.500	223,3	Moreira (2009)

Muitos fatores podem influenciar a abundância relativa de uma espécie, como a composição e estrutura do habitat, oferta de recursos, competição, presença de predadores, caça ilegal e fragmentação do habitat (CHIARELLO, 1999; ARAÚJO *et al.* 2008).

A Reserva Biológica de Una apresentou a maior abundância relativa para a espécie e parece ser uma área chave para conservação do *L. chrysomelas*. A espécie pode se beneficiar da heterogeneidade encontrada em Una, pois a área apresenta não só floresta em estágio avançado de regeneração, mas também cabucas (i.e. plantação de cacau sombreada por árvores nativas e/ou exóticas) e matas secundárias (RABOY *et al.*, 2004). Estes habitats heterogêneos podem garantir maior disponibilidade de recurso alimentar (e.g. jaqueiras *Artocarpus heterophyllus*) e sítios de dormida (RABOY *et al.*, 2004).

O tamanho do fragmento florestal também pode ter alguma influência na abundância de uma espécie, mas não parece ter sido este o caso, uma vez que a espécie apresentou-se pouco abundante em um fragmento florestal grande (i.e. Serra das Lontras, Tabela 1). A baixa abundância na Serra das Lontras e Javi pode ser atribuída ao efeito limitante das elevadas altitudes da região, que podem chegar a mais de 1000 m (MOREIRA, 2009). *L. chrysomelas* ocorre em altitudes de 300 a 400 m e muito raramente acima de 500 m (RABOY *et al.*, 2013).

Apesar de Zeigler *et al.* (2013) terem enfatizado a importância dos fragmentos florestais grandes na conservação da espécie, o presente estudo demonstra a importância de também concentrar estudos em remanescentes pequenos, situados em Mata Atlântica semidecídua. Como esta fitofisionomia não está representada por unidades de conservação, é preciso que sejam feitos mais estudos para reforçar a necessidade de proteção destes ambientes, que possuem características diferentes de Mata Atlântica ombrófila. Esta ação de conservação pode beneficiar outras espécies de primatas que usualmente ocorrem em simpatria com *L. chrysomelas*, como o *Callithrix kuhlii*, outro calitriquídeo que se beneficia de ambientes modificados pela ação antrópica (RABOY *et al.*, 2008).

O mico-leão-da-cara-dourada é citado como uma espécie típica de matas bem conservadas (CARVALHO, 2008), mas a exemplo de Itororó parece apresentar certa “flexibilidade comportamental”, conseguindo habitar ambientes

degradados ou reduzidos. No entanto, a maior abundância relativa em Itororó (em relação às Serras das Lontras e Javi) pode ser também explicada por um “efeito de aglomeração” (DEBINSKI e HOLT, 2000), em que a população ainda não teve tempo para responder à redução do habitat. Assim, pode ocorrer futuramente um declínio populacional, de acordo com as condições do ambiente.

Como Zeigler *et al.* (2013) indicam que o risco de extinção de mico-leão-da-cara-dourada é maior em fragmentos florestais pequenos, recomendamos que seja feito um monitoramento da espécie em longo prazo. Com este monitoramento proposto, será possível entender a dinâmica populacional da espécie em um ambiente fragmentado e analisar se a espécie é viável ou não em longo prazo, detectando o tempo de ocorrência de extinção local (*relaxation time*), se este for o caso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa Petrobras de Formação de Recursos Humanos – PFRH-PB211 6000.0071551.11.4, aos equipamentos doados pela Idea Wild e o apoio logístico da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - campus Jequié. À Fapesb pela bolsa de iniciação científica concedida a JS Rocha (nº 2366/2012). Ao SISBIO pela licença (nº 37208-1) e aos proprietários da Fazenda Cabana da Ponte por autorizar esta pesquisa. Ao grupo Biologia da Conservação da UESB - campus Jequié e por alunos do curso técnico em Agroecologia (CETEP - Itororó-BA) pelo auxílio em campo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R.M. de., SOUZA, M.B.de., RUIZ-MIRANDA, C.R. 2008. Densidade e tamanho populacional de mamíferos cinegéticos em duas Unidades de Conservação do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia, Sér. Zool.* 98 (3): 391-396.
- CAMPANILI, M., PROCHNOW, M. (orgs.). 2006. Mata Atlântica – Uma rede pela floresta. Brasília, RMA.
- CARVALHO, C.E.G. *Leontopithecus chrysomelas* Kuhl, 1820. In: MACHADO, A.B.M., DRUMMOND, G.M., PAGLIA, A.P. (Eds.). 2008. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Vol. 2. Brasília, MMA; Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas.

- CATENACCI, L.S., VLEESCHOUWER, K.M. de., NOGUEIRA-FILHO, S.L.G. 2009. Seed Dispersal by Golden-headed Lion Tamarins *Leontopithecus chrysomelas* in Southern Bahian Atlantic Forest, Brazil. *BIOTROPICA* 41 (6): 744–750.
- CHIARELLO, A.G. 1999. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in southeastern Brazil. *Biological Conservation* 89: 71-82.
- CHIARELLO, A.G., AGUIAR, L.M. de., CERQUEIRA, R., MELO, F.R. de., RODRIGUES, F.H.G., SILVA, V.M.F. da. Mamíferos Ameaçados de Extinção no Brasil. In: MACHADO, A.B.M., DRUMMOND, G.M., PAGLIA, A.P. (Eds.). 2008. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Vol. 2. Brasília, MMA; Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas.
- CPB/ICMBio. 2010. Sumário executivo do plano de ação nacional para conservação dos mamíferos da Mata Atlântica central. Disponível em: <www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade> Acesso em mai.2014.
- DEBINSKI, D.M., HOLT, R.D. 2000. A Survey and Overview of Habitat Fragmentation Experiments. *Conservation Biology* 14: 342-355.
- GUIDORIZZI, C.E. 2008. Ecologia e comportamento do mico-leão-da-cara-dourada, *Leontopithecus chrysomelas* (Kuhl,1820) (Primates, Callitrichidae), em um fragmento de floresta semidecidual em Itororó, Bahia, Brasil. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.
- IUCN. 2013. IUCN Red List of Threatened Species. versão 2013.2. Disponível em <www.iucnredlist.org> Acesso em mar. 2013.
- MARTINI, A.M.Z., FIASCHI, P., AMORIM, A.M. e PAIXÃO, J.L. 2007. A hot-point within a hot-spot: a high diversity site in Brazil's Atlantic Forest. *Biodiversity Conservation* 16: 3111-3128.
- MENDES, S., SILVA, M., STRIER, K. 2010. O miqui. Programa Difusão da biodiversidade da Mata Atlântica. Vitória, IPEMA.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente, Conservation International do Brasil, SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria de Meio Ambiente/SP, Instituto Estadual de Florestas/MG. 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Brasília, MMA/SBF.
- MOREIRA, L.L.B. 2009. Primatas das Serras das Lontras e Javi: estado das populações e seu papel na conservação regional da comunidade de primatas no sul da Bahia. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B. e KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

- NASCIMENTO, J.L. do., CAMPOS, I.B. (Orgs.). 2011. Atlas da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção em Unidades de Conservação Federais. Brasília, ICMBio.
- PERES, C.A. 1999. General Guidelines For Standardizing Line-transect Surveys of Tropical Forest Primates. *Neotropical Primates* 7 (1): 11-16.
- PERES, C.A., CUNHA, A.A. 2011. Manual para censo e monitoramento de vertebrados de médio e grande porte por transecção linear em florestas tropicais. Brasil: Wildlife Technical Series, Wildlife Conservation Society.
- RABOY, B.E., CANALE, G.R., DIETZ, J.M. 2008. Ecology of *Callithrix kuhlii* and a Review of Eastern Brazilian Marmosets. *Int J Primatol.* 29 (2): 449-467.
- RABOY, B.E., CHRISTMAN, M.C., DIETZ, J.M. 2004. The use of degraded and shade cocoa forests by Endangered golden-headed lion tamarins *Leontopithecus chrysomelas*. *Oryx* 38 (1): 75-83.
- RABOY, B.E., NEVES, L.G., ZEIGLER, S.L., OLIVEIRA, L.C. 2013. Occurrences of the Golden-headed Lion Tamarin (*Leontopithecus chrysomelas*) above 500 Meters in Southern Bahia, Brazil and Implications for Conservation Planning. *Primate Conservation* 26: 25–31.
- RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F.J., HIROTA, M.M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142 (6): 1141-1153.
- RYLANDS, A.B., WILLIAMSON, E.A., HOFFMANN, M., MITTERMEIER, R.A. 2008. Primate surveys and conservation assessments. *Oryx* 42 (3): 313-314.
- TABARELLI, M., MELO, M.D., LIRA, O. A Mata Atlântica do nordeste. In: CAMPANILI, M., PROCHNOW, M. (orgs.). 2006. Mata Atlântica – Uma rede pela floresta. Brasília, RMA.
- ZEIGLER, S.L., VLEESCHOUWER, K.M. de., RABOY, B.E. 2013. Assessing Extinction Risk in Small Metapopulations of Golden-headed Lion Tamarins (*Leontopithecus chrysomelas*) in Bahia State, Brazil. *BIOTROPICA* 45 (4): 528–535.

CAPÍTULO 30

Ocorrência do Bugio-Ruivo (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940) no entorno do Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS

Distribution and occurrence of brown-howler monkey (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940) at the buffer zone of the Itapuã state park, Viamão, RS.

Gerson Buss.^{1,2,4}; Helena Piccoli Romanowski^{2,3} & Fernando Gertum Becker^{1,2}

¹PPG Ecologia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil;

²Núcleo de Extensão Macacos Urbanos (NEMU-UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil;

³Departamento de Zoologia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil;

⁴Centro Nacional de Pesquisa e Conservação dos Primatas Brasileiros (CPB/ICMBIO), João Pessoa (PB).

Contatos: gbuss.icmbio@gmail.com.

RESUMO

Para acessar o estado de conservação de *Alouatta guariba clamitans* no entorno do Parque Estadual de Itapuã, foi realizado um levantamento da ocorrência da espécie procurando-se identificar os fatores responsáveis pela presença ou ausência. A área foi dividida em quadrículas de 25 ha e, entre 2008 e 2012, todas as quadrículas com presença de florestas nativas foram vistoriadas, totalizando 363 (9.075 ha). A ocorrência foi registrada através de vestígios ou de visualização, sendo também registradas informações da qualidade do hábitat e do impacto antrópico. Foi realizada uma análise de regressão logística para avaliar os fatores responsáveis pela ocorrência/ausência. A presença do bugio-ruivo foi confirmada em 350 (8.750 ha), 96,4% das quadrículas amostradas. A cobertura florestal teve uma contribuição significativa ($p < 0,001$) enquanto que a altitude ($p = 0,005$) e o tipo de acesso ($p = 0,03$) contribuíram menos. O padrão de ocorrência é diferente do encontrado na

zona sul de Porto Alegre, provavelmente, como resultado de um distinto padrão de uso e ocupação antrópica do solo. A alta frequência de quadrículas com ocorrência no Distrito de Itapuã é bastante positivo e ressalta a necessidade de ações para a manutenção da conectividade no entorno do Parque Estadual de Itapuã.

Palavras-chaves: Conservação de Primatas, unidade de conservação, zona de amortecimento.

ABSTRACT

To access the conservation status of howler monkeys *Alouatta guariba clamitans* in the buffer zone of the Itapuã State Park, was a survey of the occurrence of the species in order to identify the factors responsible for the occurrence or absence. The area of the District of Itapuã was divided into quadrats of 25ha. The incidence was recorded by the presence of traces or viewing. Between 2008 and 2012, surveys were conducted on 363 squares (9075 ha), with native forest. Information quality of habitat and human impact on the grid were recorded in the protocol field. We performed a logistic regression analysis to evaluate the factors responsible for the occurrence/absence. The presence of brown howlers was confirmed in 350 quadrats (8750 ha), 96.4% of the squares sampled. In Itapuã that forest cover has a significant contribution in the prediction of occurrence/absence ($p < 0.001$) while the altitude ($p = 0.005$) and type of access ($p = 0.03$) contributed less. The pattern of occurrence is different from that found in the south of Porto Alegre, related to a different pattern of human occupation. The high frequency of occurrence in Itapuã is very positive and highlights the need for actions to maintain connectivity in the vicinity of Itapuã State Park.

Key-words: Primate conservation, protected areas, buffer zone.

INTRODUÇÃO

O bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) é considerado ameaçado de extinção no Estado do Rio Grande do Sul (Marques *et al.* 2003). A situação da conservação deste táxon foi agravada por uma epidemia de febre amarela,

entre os anos de 2008 e 2009, que afetou dramaticamente algumas populações, inclusive causando extinções locais (Bicca-Marques & Freitas 2010, Fialho *et al.* 2012).

Uma área chave para a conservação do bugio-ruivo no estado do Rio Grande do Sul tem sido o Parque Estadual de Itapuã, pois uma boa parcela do conhecimento da espécie em seu limite sul de distribuição decorre dos estudos desenvolvidos na área deste Parque (Prates *et al.* 1990a, Katz & Otta 1991, Cunha 1994, Marques 2001, Buss 2001, Silveira & Codenotti 2002, Jardim 2005, Buss *et al.*, 2009, Podgaiski & Jardim, 2009).

Apesar do Parque de Itapuã abrigar, provavelmente, a maior população de bugios presentes em uma Unidade de Conservação no Estado, o tamanho dessa população pode estar próximo dos limites de uma população mínima viável (Shaffer 1981) considerando a área de floresta existente e os valores de densidade registrados para a espécie no Parque (Buss 2001). Além disso, há um grande risco de isolamento, pois devido à característica peninsular desta Unidade de Conservação, a dispersão de espécies terrestres só pode ocorrer através de 25% de seu perímetro limítrofe (Jardim 2005). A conservação dessas populações depende, portanto, da manutenção das áreas florestais nas regiões adjacentes ao Parque.

Além dos dados de ocorrência, que possibilitam uma melhoria de bases científicas para avaliações regionais e globais do estado de conservação, a identificação dos fatores responsáveis pela presença ou ausência de uma espécie são relevantes a fim de focar e/ou direcionar as ações para a sua conservação (Ribeiro & Bicca-Marques, 2005; Oliveira *et al.*, 2008; Nogueira *et al.*, 2009). No caso de Itapuã, a área do entorno do Parque é constituída de propriedades rurais e sítios de lazer; dessa forma, torna-se importante obter informações sobre a ocorrência da espécie nessas áreas e a capacidade dos bugios-ruivos em usar uma paisagem constituída de áreas agrícolas e fragmentos florestais, pois essas informações são de grande relevância para o desígnio de cenários de conservação no nível de paisagem (Estradas & Coates-Estrada 1996).

Assim, o objetivo deste estudo foi identificar as áreas de ocorrência de bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) no Distrito de Itapuã, Viamão, RS; e avaliar os principais fatores responsáveis pela ocorrência da espécie nessa área.

MATERIAL E MÉTODOS

O Distrito de Itapuã (Fig. 1) está localizado no Sul do município de Viamão, RS, (30°10'S, 51°05'W; e 30°26'S, 50°50'W). O clima se classifica em Cfa, pelo sistema de Köppen, descrito como subtropical úmido com média do mês mais quente superior a 22°C e média do mês mais frio entre -3 e 18°C, com a temperatura média anual de 17,5°C. Precipitação média anual de 1.300mm (Rio Grande do Sul 1997). Possui aproximadamente 31.400 ha e é formado por uma região de morros graníticos junto ao Lago Guaíba, cobertos por Floresta Estacional Semidecidual (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2012), e por outra região com dunas antigas cobertas por vegetação de restinga, conhecida como Coxilha das Lombas, além de uma extensa planície arenosa junto à Laguna dos Patos e Lagoa do Casamento.

Na área do Distrito existem extensas áreas de reflorestamento com espécies exóticas, principalmente *Eucalyptus* sp., lavouras de arroz e atividades de extração de areia (Irgang & Oliveira 2004). Possui uma população de 5.309 habitantes, sendo 1.808 na área urbana e 3.501 na área rural (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010). No seu extremo Sul está localizado o Parque Estadual de Itapuã, uma unidade de conservação de proteção integral, com 5.566 ha, criado em 1973 e implantado no ano de 2001.

Para avaliar a ocorrência de bugio-ruivo foi utilizado o método desenvolvido pelo Programa Macacos Urbanos e aplicado na zona sul do município de Porto Alegre (Buss 1996). Foi estabelecida uma grade de quadrículas de 25 ha (500 X 500m.) que foi sobreposta a área do Distrito de Itapuã. Foram vistoriadas todas as quadrículas do Distrito de Itapuã com presença de floresta nativa, totalizando 363 quadrículas (9.075 ha), no entorno do Parque Estadual de Itapuã, no período de março de 2008 a junho de 2012. As quadrículas eram percorridas por um período máximo de duas horas, por mais de um pesquisador preferencialmente, onde eram registradas a presença de bugio-ruivo através das fezes ou visualizações.

As informações referentes ao ambiente físico e ao impacto antrópico na área da quadrícula eram registradas em um protocolo de campo. Foi utilizado o software Google Earth Pro®, imagens Digital Globe® (QuickBird) e GeoEye®, de 31/10/2010, com resolução de 60 cm e 165 cm respectivamente, para avaliar a cobertura florestal, continuidade, contiguidade, a presença e número de

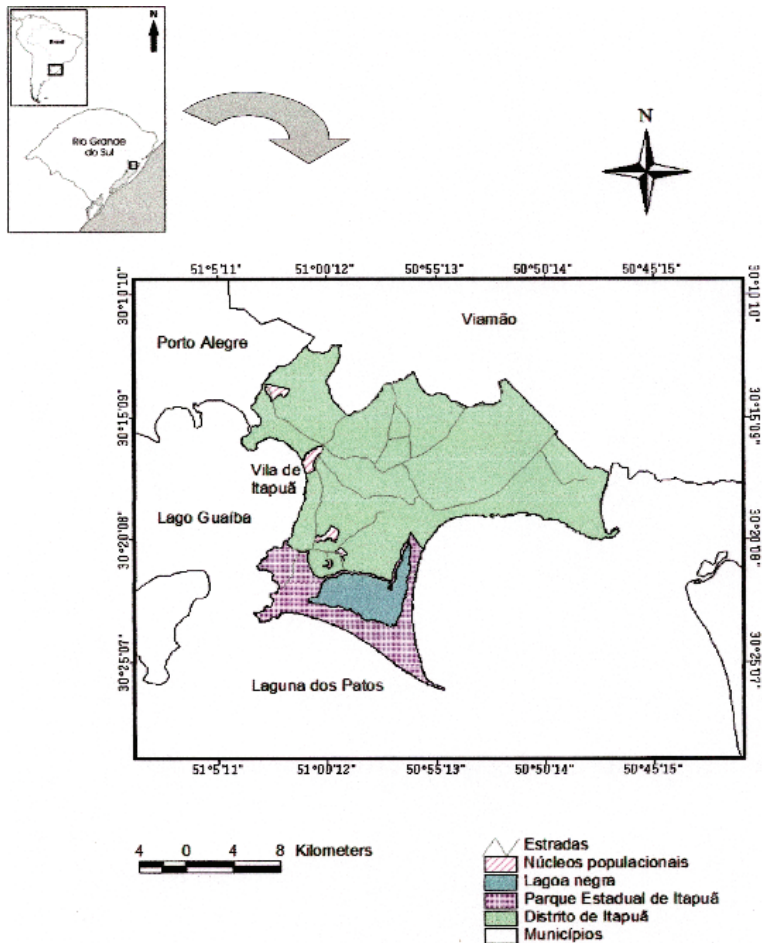


Figura 1. Localização do Distrito de Itapua, Viamão/RS.

edificações e a existência e tipo de acesso as áreas das quadrículas, e também confirmar as informações do ambiente físico e impacto antrópico obtidas em campo (modificado de Printes *et al.* 2010). Para avaliar a cobertura florestal da quadrícula foi considerada somente a cobertura florestal nativa. Os mapas foram elaborados utilizando os softwares GPS Trackmaker[®] PRO e o ARC View[®] 3.2. Os arquivos *shape* das estradas e do limite do Distrito foram cedidos pelo Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da UFRGS, e os limites do Parque Estadual de Itapua foram cedidos pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA/RS).

Uma análise de regressão logística (Programa IBM® SPSS® Statistics 19) foi conduzida para identificar os principais fatores responsáveis pela ocorrência do bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) no Distrito de Itapuã, utilizando as variáveis ambientais e antrópicas (Tab. 1). A presença/ausência foi considerada a variável dependente e as variáveis ambientais e antrópicas como as variáveis preditoras (Printes *et al.* 2010). Foi gerada uma matriz de correlação das variáveis preditoras visando identificar possíveis autocorrelações, sendo que o valor considerado limite foi de 0,7 (Cordeiro *et al.* 2005). O modelo foi testado quanto à adequação dos preditores. O modelo também foi avaliado pelo teste de Hosmer e Lemeshow (H-L), e os preditores foram testados quanto a significância utilizando-se o teste de Wald. O valor de significância estatística utilizado foi de 0,05 (Zar 2009).

Tabela 1. Descrição das variáveis utilizadas para analisar os fatores responsáveis pela presença ou ausência de *Alouatta guariba clamitans*.

Variável	Definição	Categorias
Cobertura florestal	Quantidade percentual de floresta nativa no interior da quadricula.	1. 0 a 10% 2. 11 a 25% 3. 26 a 50% 4. 51 a 75% 5. 76 a 100%
Continuidade	Forma com que a floresta se distribui no interior da quadricula.	1. Em fragmento 2. Contínua
Contiguidade	Conexão da floresta da quadricula com as quadriculas vizinhas.	0. Isolada 1. Uma quadricula 2. Duas quadriculas 3. Três quadriculas 4. Quatro quadriculas
Topografia	Relevo predominante na área da quadricula	1. Planície 2. Encosta 3. Topo de morro
Altitude	Altitude máxima na área da quadricula	1. 0 a 50m 2. 51 a 100m 3. 101 a 150m 4. 151 a 200m 5. acima de 200m

Número de edificações	Número de casas ou outras edificações existentes na área da quadrícula.	1. 0 2. 1 a 2 3. 3 a 5 4. 6 a 10 5. acima de 10
Tipos de acesso	Existência e tipo de acesso no interior da quadrícula.	sem acesso trilha estrada não pavimentada tipo 1 (baixo fluxo) estrada não pavimentada tipo 2 (médio e alto fluxo) estrada pavimentada estrada asfaltada

RESULTADOS

Foram vistoriadas 363 quadrículas (9.075 ha), sendo registrada a presença de *Alouatta guariba clamitans* em 350 (8.750 ha), ou seja, 96,4% das quadrículas amostradas (Fig. 2). Em 272 quadrículas a ocorrência foi registrada exclusivamente através da presença de bolos fecais, e em 78 através de visualização. No total foram registradas 370 visualizações.

Das 13 quadrículas com ausência, 10 possuem cobertura florestal de 0 a 10% e as outras três possuem cobertura de 11 a 25%. Acima de 25% de cobertura, todas as quadrículas tem presença de bugio-ruivo (Fig 3). A continuidade, na maior parte das quadrículas, é fragmentada (73,3%), e em apenas 94 quadrículas (26,7%) a floresta no interior da quadrícula é contínua. As quadrículas com ausência ficam na faixa de 50 a 150 m de altitude máxima. Todas as quadrículas com até 50 m de altitude e acima de 150m tiveram registros de ocorrência.

A maior parte das quadrículas vistoriadas, 263 (72%), apresentou contiguidade três ou quatro, ou seja, a floresta presente nessas quadrículas está conectada com as florestas de três ou quatro quadrículas vizinhas e, não houve registro de quadrícula com contiguidade zero, ou seja, no qual a área de mata da quadrícula não tivesse conexão com as quadrículas vizinha.

A análise de regressão logística demonstrou que a cobertura florestal (coeficiente=3,262; SE=0,851; $p<0,001$), altitude (coeficiente=-1,577; SE=0,558; $p=0,005$) e o tipo de acesso (coeficiente=-0,943; SE=0,448; $p=0,03$) foram os três preditores da presença do bugio-ruivo em Itapuã.

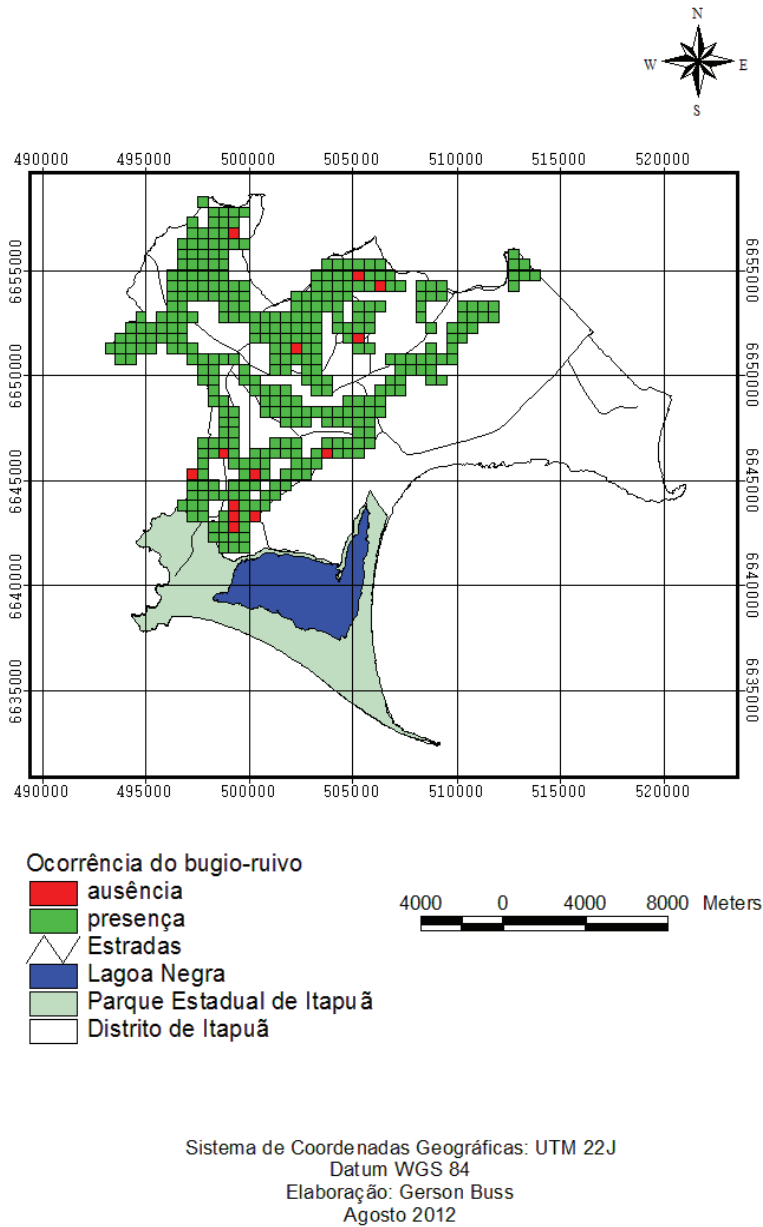
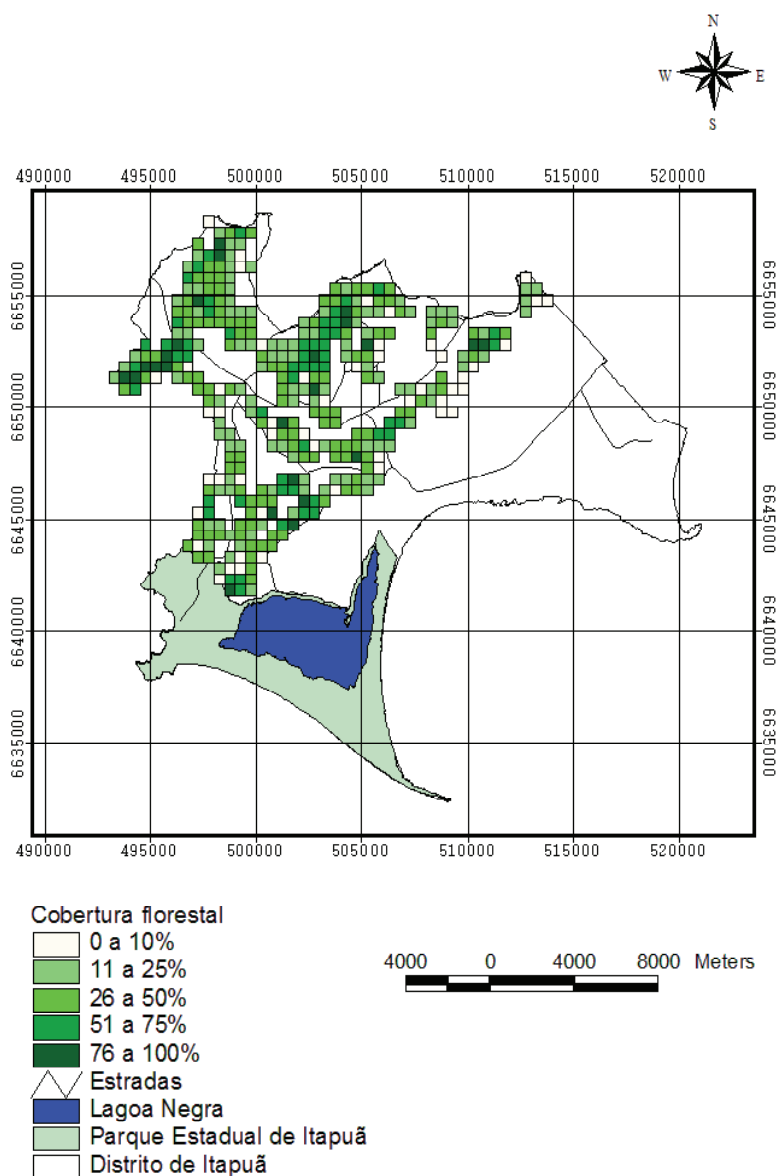


Figura 2. Ocorrência e distribuição de bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) no Distrito de Itapuã, Viamão/RS



Sistema de Coordenadas Geográficas: UTM 22J
Datum WGS 84

Figura 3. Classes de cobertura florestal das quadículas do entorno do Parque Estadual de Itapuã, Viamão/RS.

Os preditores foram adequados para distinguir entre presença e ausência do bugio-ruivo ($\lambda^2 = 47,204$; $p=0,000$; $GL=7$). O teste de Hosmer e Lemeshow (H-L) indicou que a predição do modelo não diferiu significativamente do observado ($\lambda^2 = 3,938$; $p=0,863$ e $GL=8$).

O teste de Wald demonstrou que a cobertura florestal tem uma contribuição significativa na predição ($14,702$; $p<0,001$; $GL=1$) enquanto que a altitude ($7,992$; $p=0,005$; $GL=1$) e o tipo de acesso ($4,424$; $p=0,03$; $GL=1$) contribuíram menos. A distribuição da mata no interior da quadrícula, contiguidade, topografia e o número de edificações não foram preditores significativos.

DISCUSSÃO

No Distrito de Itapuã, a “cobertura florestal”, a “altitude” e o “tipo de acesso”, foram os fatores determinantes pela ocorrência da espécie. O Distrito apresenta uma matriz dominada pela agricultura, reflorestamento e pecuária (Irgang & Oliveira 2004), portanto, com uma menor intensidade de ocupação humana quando comparada com a zona sul de Porto Alegre, área limítrofe. Na zona sul de Porto Alegre os fatores associados à ocorrência do bugio-ruivo foram a topografia, altitude e em menor importância a conectividade da quadrícula, sendo que o processo de ocupação humana foi considerado o responsável por esse padrão (Printes et al. 2010).

A análise da distribuição da floresta no interior das quadrículas evidenciou que a maior parte destas encontram-se fragmentadas. Contudo, essa característica não afetou significativamente a ocorrência da espécie. Provavelmente, isso se deu em virtude da permeabilidade da matriz, da pequena distância entre esses fragmentos, e da capacidade do bugio, como primata quadrupedal, de se deslocar entre esses fragmentos (Estrada & Coates-Estrada 1996, Mandujano et al. 2004, Ribeiro & Bicca-Marques 2005).

No México, em Los Tuxtlas, a ocorrência de *Alouatta palliata* nos fragmentos esteve relacionada a distância de isolamento, ano de isolamento e ao tamanho do fragmento (Estradas & Coates-Estrada 1996, Mandujano et al. 2005). Na zona sul de Porto Alegre, o tamanho do fragmento e a conectividade foram relevantes para a ocorrência e persistência do bugio-ruivo (Lokschin 2012).

Similar ao encontrado na zona sul de Porto Alegre (Printes *et al.* 2010), o impacto antrópico, avaliado através do número de edificações na quadricula, não foi um fator relevante na ocorrência ou não da espécie. Um aspecto que pode estar influenciado esse resultado é a capacidade de adaptação da espécie a ambientes moderadamente antropizados. Dentre as espécies de primatas neotropicais, o gênero *Alouatta* caracteriza-se por uma grande flexibilidade comportamental e por uma capacidade de viver em habitats fragmentados, em habitats perturbados e muito próximos de populações humanas, desde que não haja pressão de caça (Rylands & Keuroghlian 1988, Estrada & Coates-Estrada 1996, Crockett 1998, Horwich 1998).

Considerando a existência de uma relação entre a densidade e a probabilidade de visualização, destaca-se a mata de restinga entre a Vila de Itapuã e o Morro do Côco como área que provavelmente tenha uma alta densidade de *Alouatta*, uma vez que foi registrado um alto número de visualizações nesse local. Na zona sul de Porto Alegre, na mata de restinga do Recanto do Lago, próximo a Itapuã, também foi constatada uma alta densidade de bugios (Fialho 2000, Jardim 2005). Portanto, deve ser investigado se há uma “preferência” de *Alouatta guariba clamitans* por esse habitat na região metropolitana de Porto Alegre.

A capacidade dos primatas do gênero *Alouatta* de existirem em pequenos fragmentos e seu alto grau de dispersão pode fazer com que áreas consideradas “trampolins ecológicos” se transformem em habitats colonizados, uma característica que pode resultar em determinado tipo de distribuição em metapopulação (Mandujano *et al.* 2005). Na zona sul do município de Porto Alegre, as populações de bugios se enquadram no tipo de metapopulação “continente-ilha”, onde o Morro São Pedro, a maior área de ocorrência nesse município, seria o “continente” e as áreas subjacentes seriam as “ilhas”; em Itapuã, a metapopulação aparentemente se enquadra no tipo “populações em manchas”, onde as populações estariam dispostas em manchas de habitat e/ou habitats variáveis no espaço e no tempo, onde as altas taxas de dispersão uniriam as manchas em uma única entidade demográfica, com baixa probabilidade de extinção de populações locais (Pires *et al.* 2006). Essa diferença pode ocorrer devido a uma dinâmica diferenciada na ocupação antrópica do espaço, refletindo no processo

de fragmentação e no padrão da distribuição dos bugios-ruivos nessas áreas.

A alta frequência de quadrículas com ocorrência no Distrito de Itapuã é bastante positivo e segundo Jardim (2005) a situação populacional dos bugios na região sul de Porto Alegre e Itapuã é de crescimento com uma dinâmica populacional intensa, evidenciada através das taxas de nascimento, desaparecimento e do número de indivíduos imaturos em relação a adultos. Mas, nesse cenário de crescimento populacional convém considerar a possibilidade dessa alta frequência de quadrículas com presença estar indicando que o hábitat está sendo um recurso limitado (Estrada & Coates-Estrada 1996). Esse fenômeno pode estar ocorrendo devido a perda de hábitat, pois na área atualmente abrangida pelo Parque Estadual de Itapuã e sua zona de amortecimento, segundo dados de Irgang & Oliveira (2004), no período de 1951 à 1991, houve uma perda de 37% na cobertura florestal nativa. Portanto, essa perda histórica de hábitat e o recente crescimento populacional conduzem a uma situação na qual, aparentemente, os bugios-ruivos estão ocupando todas as áreas de floresta nativa disponíveis na região. Essa situação pode estar sendo possível devido à flexibilidade comportamental e adaptativa característica do gênero *Alouatta* (Rylands & Keuroghlian 1988, Estrada & Coates-Estrada 1996, Crockett 1998, Horwich 1998).

Apesar da paisagem ainda possibilitar a conectividade estrutural e/ou funcional entre as diferentes populações existentes no Distrito, algumas conexões tendem a desaparecer em virtude da intensidade do processo de ocupação humana, em especial na área da Vila de Itapuã e na região próximo ao Hospital Colônia. A medida que esta se intensifica, há uma tendência de incremento dos conflitos, como eletrocussões, ataque por cães e atropelamentos nessas áreas, (Printes, 1999, Lokschin *et al.*, 2007, Buss 2012). Portanto, ações devem ser desenvolvidas para garantir a conservação de corredores de paisagem a fim de evitar o isolamento das populações do Parque de Itapuã.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho somente foi possível devido ao apoio das seguintes pessoas e instituições. Aos proprietários que permitiram o acesso as suas propriedades. Em especial ao auxiliar de campo João Cláudio Godoy Fagundes. Aos demais

colegas, André Alonso, Anamélia, Mariele, Alana, Oscar e Jonas, entre outros, pela colaboração nas saídas de campo. Aos demais moradores e colaboradores do Distrito de Itapuã, ao Prof. Heinrich Hasenack e equipe do Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da UFRGS, aos colegas do Laboratório de Ecologia de Paisagem (UFRGS), aos Professores Eleonore Setz (UNICAMP), Renato Silvano (UFRGS) e a Márcia M. de Assis Jardim (FZB/RS) e Marcos de Souza Fialho (CPB/ICMBIO) pelas sugestões ao manuscrito, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e ao Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

REFERÊNCIAS

- BICCA-MARQUES, J.C. & FREITAS, D.S. 2010. The role of monkeys, mosquitoes, and humans in the occurrence of a yellow fever outbreak in a fragmented landscape in South Brazil: protecting howlers monkeys is a matter of public health. *Tropical Conservation Science*, 3 (1): 78 – 89.
- BUSS, G. 1996. Urban Monkey – *Alouatta fusca* in the Municipality of Porto Alegre. *Neotropical Primates*, 4 (2): 61-62.
- BUSS, G. 2001. *Densidade populacional do bugio-ruivo nas formações florestais do morro do Campista, Parque Estadual de Itapuã*. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. 69 p.
- BUSS, G. 2012. *Conservação do bugio-ruivo (Alouatta guariba clamitans) (Primates, Atelesidae) no entorno do Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS*. Tese (Doutorado em Ecologia), Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. 118p.
- BUSS, G.; LEITE, S.L.C. & ROMANOWSKI, H.P. 2009. Formações florestais do Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul: caracterização do habitat do Bugio-ruivo (*Alouatta clamitans* CABRERA, 1940). *Revista Brasileira de Biociências* 7(3): 291 – 304.
- CORDEIRO, A.P.; VENTIM, R.; FRANCO, A.; ALCAZAR, R. CATRY, I. & ROCHA, P. 2005. *Relatório Final da Ação 6 Normas de Uso de Solo compatíveis com a conservação do Peneireiro-das-Torres*. Recuperação do Peneireiro-das-torres (*Falco naumanni*) em Portugal (Contrato nº LIFE2002/NAT/P8481). LPN, Portugal, 46 p.
- CROCKETT, C.M. 1998. Conservation Biology of the Genus *Alouatta*. *International Journal of Zoology*, 19 (3): 549 – 578.

- CUNHA, A. 1994. *Aspectos sócio-ecológicos de um grupo de bugios (Alouatta fusca clamitans) do Parque Estadual de Itapuã, RS*. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, Departamento de Ecologia, UFRGS, 75 pp.
- ESTRADA, A. & COATES-ESTRADA, R. 1996. Tropical Rain Forest Fragmentation and Wild Populations of Primates at Los Tuxtlas, Mexico. *International Journal of Primatology* 17, (5): 759 – 783.
- FIALHO, M.S. 2000. *Ecologia do Alouatta fusca em floresta de encosta e de restinga no sul do Brasil*. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- FIALHO, M.S.; PRINTES, R.C.; ALMEIDA, M.A.B.; LAROQUE, P.O.; SANTOS, E. & JERUSALINSKY, L. 2012. Avaliação do impacto da epizootia de febre amarela sobre as populações de primatas não humanos nas unidades de conservação do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biotemas* 25 (3): 217 -225.
- HORWICH, R. 1998. Effective Solutions for Howler Conservation. *International Journal of Primatology*, 19 (3): 579 – 598.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ª Edição. Manuais Técnicos em Geociências nº 1, IBGE, Rio de Janeiro, RJ, 271 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. *Censo Demográfico*. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/caracteristicas_da_populacao_tab_municipios_zip.shtm. Acessado em 20/04/2012.
- IRGANG, G.V. & OLIVEIRA, P.L. 2004. Análise espacial e temporal do estado de conservação ambiental do Parque Estadual de Itapuã RS e sua zona de amortecimento: subsídios para o estabelecimento de Unidades de Conservação. *Natureza & Conservação*, 2 (2): 19 – 31.
- JARDIM, M.M.A. 2005. *Ecologia populacional de bugios ruivos Alouatta guariba nos municípios de Porto Alegre e Viamão, RS, Brasil*. 114 f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- KATZ, B. & OTTA, E. 1991. Comportamento lúdico do bugio (*Alouatta fusca clamitans*, Cabrera, 1940) (PRIMATES: CEBIDAE: ALOUATTINAE). *Biotemas* 4: 61 – 82.
- LOKSCHIN, L.X.; PRINTES, R.C.; CABRAL, J.H.N. & BUSS, G. 2007. Power lines and howler conservation in Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. *Neotropical Primates* 14 (2): 76 – 80.

- LOKSCHIN, L.X. 2012. *A distribuição espaço-temporal do bugio-ruivo (Alouatta clamitans) (Primates, Atelidae) em gradiente urbano-rural no sul do Brasil*. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- MANDUJANO, S.; ESCOBEDO-MORALES, L.A. & PALACIOS-SILVA, R. 2004. Movements in *Alouatta palliata* among forest fragments in Los Tuxtlas, Mexico. *Neotropical Primates*, 12 (3): 126 - 131.
- MANDUJANO, S.; ESCOBEDO-MORALES, L.A.; PALACIOS-SILVA, R.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V. & RODRÍGUEZ-TOLEDO, E. 2005. A metapopulation approach to conserving the howler monkey in a highly fragmented landscape in Los Tuxtlas, Mexico. In: ESTRADA, A.; GARBER, P., PAVELKA, M.S.M. & LUECKE, L. (Eds.), *New perspectives in the study of mesoamerican primates: distribution, ecology, behavior and conservation*. Springer, New York, p. 513 – 538.
- MARQUES, A.A.B. 2001. *Estratégias de uso do espaço por Alouatta guariba clamitans Cabrera, 1940 em habitats temperado e subtropical no sul do Brasil*. 148 f. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- MARQUES A. A. B. 2003. Primatas. In: FONTANA, C; BENCKE, G. & REIS, R.E. (eds), *Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul*. Edipucrs, Porto Alegre, RS, p. 499-506.
- NEVILLE, M.K.; GLANDER, K.E.; BRAZA, F. & RYLANDS, A.B. 1988. The howling monkeys, genus *Alouatta*. In: MITTERMEIER, R.; RYLANDS, A.B.; COIMBRA-FILHO, A. & FONSECA, G.A.B. (eds.) *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*. Vol. 2, WWF, Washington D.C., p.: 349 –453.
- NOGUEIRA, C.; VALDUJO, P.H.; PAESE, A.; M.B.R. NETO & MACHADO R.B, 2009. Desafios para identificação de áreas para conservação da biodiversidade. *Megadiversidade* 5(1-2): 43 – 53.
- OLIVEIRA, P.P.; NASCIMENTO, M.T.; CARVALHO, F.A.; VILELLA, D.; KIERULFF, M.C.M.; VERULI, V.P.; LAPENTA, M.J. & SILVA, A.P. 2008. Qualidade do habitat na área de ocorrência do mico-leão-dourado. In: Conservação do mico-leão-dourado – enfrentando os desafios de uma paisagem fragmentada. Oliveira, P.P.; Grativol, A.D. & Miranda, C.R.R. (Orgs.), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos de Goytacazes, RJ. P. 14 – 39.
- PIRES, A.S.; FERNANDEZ, F.A.S. & BARROS, C.S. 2006. Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais. In: Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Sluys, M.V. & Alves, M.A.S. (Eds). *Biologia da Conservação: Essências*. RiMA Editora, São Carlos, SP, p. 231 – 260.

- PODGAISKI, L.R. & JARDIM, M.M.A. 2009. Early behavioral development of a free-ranging howling monkey (*Alouatta guariba clamitans*) in southern Brazil. *Neotropical Primates* 16(1): 27 – 31.
- PRATES, J.C.; GAYER, S.M.P.; KUNZ JR., L.F. & BUSS, G.. 1990a. Feeding habits of the brown howler monkey *Alouatta fusca clamitans* (Cabrera, 1940) (Cebidae, Alouattinae) in the Itapuã State Park: A preliminary report. *Acta Biol. Leopoldensia* 12: 175 - 188.
- PRINTES, R.C. 1999. The Lami Biological Reserve, Rio Grande do Sul, Brazil and the danger of power lines to howlers in urban reserves. *Neotropical Primates* 7(4): 135 - 136.
- PRINTES, R.C.; BUSS, G.; JARDIM, M.M.A.; FIALHO, M.S.; DORNELLES, S.S.; PEROTTO, M.; BRUTTO, L.F.G.; GIRARDI, E.; JERUSALINSKY, L.; LIESENFELD, M.V.A.; LOKSCHIN, L.X. & ROMANOWSKI, H.P., 2010. The Urban Monkeys Program: A survey of *Alouatta clamitans* in the South of Porto Alegre and Its influence on land use policy between 1997 and 2007. *Primate Conservation*, 25: 11 - 19.
- RIBEIRO, S. & BICCA-MARQUES, J.C. 2005. Características da paisagem e sua relação com a ocorrência de bugios-ruivos (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940; Primates, Atelidae) em fragmentos florestais no Vale do Taquari, RS. *Natureza & Conservação*, 3 (2): 65 – 78.
- RIO GRANDE DO SUL, 1997. *Plano de Manejo do Parque Estadual de Itapuã*. Departamento de Recursos Naturais Renováveis, SAA, Porto Alegre, 158 p.
- RYLANDS, A.B. & KEUROGHILIAN, A. 1988. Primate populations in continuous forest and forest fragments in Central Amazonia. *Acta Amazonica* 18(3-4): 291 – 307.
- SHAFFER, 1981. The minimum population size for species conservation. *Bioscience*, 31: 131 – 134.
- SILVEIRA, R.M.M. & CODENOTTI, T. 2002. Interações sociais e dieta do bugio-ruivo, *Alouatta guariba clamitans*, no Parque Estadual de Itapuã, Rio Grande do Sul, Brasil. *Neotropical Primates* 9 (1): 15 – 19.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). 1982. *Itapuã: análise preliminar do espaço geográfico*. Pró-Reitoria de Extensão, Departamento de Geografia, Porto Alegre, RS, 203 p.
- ZAR, J.H. 2009. *Biostatistical Analysis*. Fifth Edition. Prentice Hall, New Jersey.

CAPÍTULO 31

A Buffy-tufted-ear marmoset (*Callithrix aurita*) as the dominant male in a mixed group of marmosets in the Serra dos Órgãos National Park, Rio de Janeiro – Brazil

R.S. Carvalho^{1,2}, D.A. Silva¹, S.O. Loiola¹, D.G. Pereira², C. R. L. Amaral¹, E.F. Carvalho¹ & H.G. Bergallo²

¹Laboratório de Diagnósticos por DNA, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brazil

²Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brazil

ABSTRACT

For years, the marmosets' species *Callithrix jacchus* and *C. penicillata* have been introduced in new environments by the trafficking of animals and, currently, they are disseminated throughout the Atlantic forest of southeastern Brazil. Among other problems these primates are capable of producing fertile hybrids in crosses among themselves and with his native and threatened counterpart, the Buffy-tufted-ear marmoset (*C. aurita*). Genetic data have been increasingly used as support for issues related to biodiversity since it may, identify monophyly rate, sister taxa, presence or absence of introgression, hybrid individuals, kinship, to identify which hybrids are fertile or sterile. This study shows the molecular characterization of a group of marmosets located in the surroundings of the Serra dos Órgãos National Park, in Rio de Janeiro, using the mitochondrial markers Cyt B and CO II. The results showed that the group of marmosets is formed by a dominant male individual with phenotype and mitochondrial genotype matching that of the endangered species *C. aurita*, among others which belong to the invasive species *C. penicillata* and *C. jacchus*. This reinforces the importance of studies aimed at elucidating the dynamics of

gene flow and the viability of possible hybrids facing the conservation of the native species.

Keywords: *Callithrix aurita*; molecular markers; marmosets.

RESUMO

Durante anos, os saguis das espécies *Callithrix jacchus* e *C. penicillata* foram introduzidos em novos ambientes pelo tráfico de animais e, atualmente, eles estão disseminados por toda a Mata Atlântica do sudeste do Brasil. Entre outros problemas, esses primatas são capazes de produzir híbridos férteis em cruzamentos entre si e com seus correlatos nativos e ameaçados, sagüis-da-serra-escura (*C. aurita*). Dados genéticos têm sido crescentemente utilizados como suporte para problemas relacionados com a biodiversidade, pois podem identificar taxas de monofilia, grupos crípticos, presença ou ausência de introgressão, indivíduos híbridos, parentesco, se híbridos são férteis ou estéreis. Este estudo apresenta a caracterização molecular de um grupo de sagüis localizado nos arredores do Parque Nacional dos Órgãos Serra, no Rio de Janeiro, usando os marcadores mitocondriais Cyt B e CO II. Os resultados mostraram que o grupo de saguis é formado por um indivíduo macho dominante com fenótipo e genótipo mitocondrial correspondente ao da espécie ameaçada *C. aurita*, vivendo entre outros, que pertencem às espécies invasoras *C. penicillata* e *C. jacchus*. Isso reforça a importância de estudos que visam elucidar a dinâmica do fluxo gênico e da viabilidade genética dos possíveis híbridos levando em consideração a conservação da espécie nativa.

Palavras-chave: *Callithrix aurita*; marcadores moleculares; saguis.

INTRODUCTION

The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), established in 1973, refers to an international agreement to protect wildlife from the international trade, and Brazil was among the first to subscribe to CITES. Another major threat to wildlife is the internal trade of pets and which represents a serious menace to local biodiversity. Native marmosets from central (*Callithrix penicillata*) and northeast (*C. jacchus*)

Brazil have been recurrently introduced to regions outside their original range [1,2] where they assume the characteristics of invasive species. In Brazilian southeastern regions, there are reports of competition and hybridization of those invaders with a local endangered marmoset species (*Callithrix aurita*) endemic of Rio de Janeiro's mountains [3].

The Red listed Buffy-tufted-ear marmosets (*C. aurita*) are better adapted to the Brazilian southeast mountains (altitudes over 700 meters), a characteristically different habitat from the other two species, nevertheless the invader populations, which were already spread on the low lands, are increasing rapidly (considering their adaptability to urbanized areas) and are spreading towards the native marmosets' original home.

Molecular genetic data has increasingly been used as support for issues related to biodiversity with great contribution to conservation programs, because of its power to elucidate gene flow, introgression, levels of kinship and hybridization [4]. Primates molecular identification using the sequencing of mitochondrial regions of the cytochrome b gene (Cyt b) and of the cytochrome C oxidase gene subunit II (COII) has been shown to be an effective, quick and low cost identification tool [5,6,7,8] to be broadly used in forensics and biodiversity conservation.

In this article we compare the mitochondrial molecular identification (CO II and Cyt b) of a group of marmosets (at the species level), to reveal the presence of a native male individual of the threatened *Callithrix aurita* living as a dominant male among his invasive congener *C. penicillata* and *C. jacchus* in a group located in Nogueira, a village in the surroundings of the *Serra dos Órgãos* National Park, in Rio de Janeiro, Brasil.

METHODOLOGY

Specimens of one specific group of *Callithrix sp.* were collected at Nogueira, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brazil, a frontier of the urban area at the foothills of *Serra dos Orgãos* National Park. All marmosets, captured in Tomahawk livetraps, were anesthetized with ketamine hydrochloride (10mg/Kg) for the biometric measurements and blood collection, then

released after recovering. Blood in FTA was submitted to the DNA extraction and purification protocol with the Qiagen QIAamp DNA FFPE Tissue kit. The DNA were amplified and sequenced using the pair of primers for CO II – CAA AAC GCC GCA TCY CCA ATC (forward) / GGC CTG GTC GTA TGG AAG (reverse), and for Cyt b – CCA TCC AAC ATC TCA GCA TGA TGA AA (low) / CCC CTC AGA ATG ATA TTT GTC CTC A (heavy). Sequencing products were processed in an ABI 3500 capillary system, being visually checked and aligned using the software Geneious 6.1.6. Our final dataset consisted of a 301 bp of the Cyt b gene, and the 450 bp for the CO II gene. The alignments were visually inspected to minimize missing data. The neighbor-joining (NJ) tree was constructed using the software Geneious 6.1.6 with the Tamura Nei Parameter (TN93) distance model.

RESULTS AND DISCUSSION

The neighbor-joining trees, presented in Figure 2A and 2B, separate the three species of the *Callithrix* genus (*C. jacchus*, *C. penicillata* and *C. aurita*) observed in this study. It shows four individuals from the Nogueira group (*Nogueira group 2, 3, 4 and 5*) joined together to the mainly *C. jacchus* branch, clustering the individual *Nogueira 1* among the others characterized as *C. aurita*. The molecular result matches the phenotypical differentiation for the genus, gathering the visually distinguishable *Nogueira 1* (Fig. 1) together with others (not belonging to this study) molecularly and phenotypically defined as *C. aurita*. Local observation revealed that *Nogueira 1* was the dominant male in this group, which was observed for longer than one year, and no other breeding male were seen as a possible progenitor.

The offspring's mitochondrial heritage, identical to the mother's *C. jacchus*'s line (*Nogueira 2*), were put together with another marker (SRY – results not shown) to follow the father's line (*Nogueira 1*), and it revealed the hybrid character of the juveniles (*Nogueira 3, Nogueira 4 and Nogueira 5*) who hold a *C. aurita* characteristic deletion of nine base pairs in the SRY, as their father.

The presence of this mixed group of marmosets at the lower limits of the *Serra dos Orgãos* National Park induce some important considerations, first of all, this result reinforces the relevance of this genetic tool to demonstrate the ecological impacts of illegal commerce and introduction of allopatric primates outside of their natural habitat range; it shows the pressure over the male aurita in the unsuccessful search to form a group inside it's own species; it confirms that the invasive species *C. jacchus* and *C. penicillata*, which already climbed the *C. aurita*'s mountains, are inside the protected areas competing for habitat and resources and in contact with the threatened native species resulting in mixed groups and hybrid progeny, which was also shown by Pereira [9] who captured another hybrid group in the Teresópolis part of this same nature reserve.

These events urge the questioning about the introgression towards the remaining auritas populations in the inner parts of the park and the degradation of the local gene pool.

The hybrids with *C. aurita* makes it clear that the anthropic pressures are facilitating the dispersal of the invasive species, acting on the primates living dynamics and causing the degeneration of the gene pool of the threatened native species.

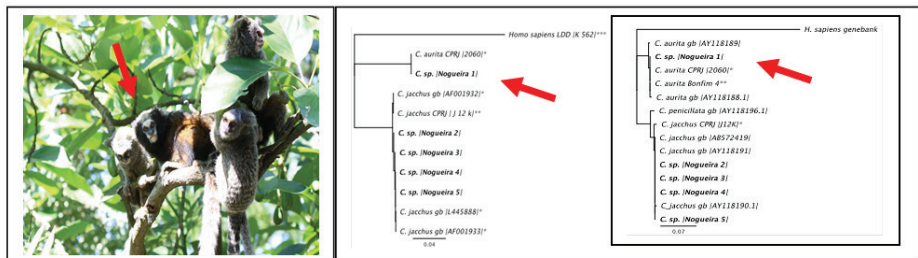


Fig. 1. A male individual of *C. aurita* in the middle of others from different species. Fig. 2.A. Neighbor-Joining (TN93) tree of three *Callithrix* species, based on COII gene. Fig 2.B. Neighbor-Joining (TN93) tree of three *Callithrix* species, based on Cyt b gene.

CONCLUSIONS

The *Serra dos Órgãos* National Park is an important conservation reserve for *C. aurita*, considering its location, size and high elevation, and still shelters some of these native populations of marmosets. The results presented here: the successful mating events generating hybrids with the potential to spread allopatric alleles back into the native, rare and endemic populations of *C. aurita* – alerts however to the critical situation for the *C. aurita* marmosets, which are already highly threatened by habitat loss.

Systematic and species specific actions must be considered to prevent the extinction of the Buffy-tufted-ear marmosets.

ROLE OF FUNDING

This project was supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

EGAL AUTHORIZATION

ICMBio: SISBIO - 31570-4

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Dr. Antonio Amorim and Leonor Gusmão for their continuous intellectual support.

REFERENCES

- Santos C V., Luz KP, Sant'Anna FS. As três espécies de primatas do gênero *Callithrix* (*Callithrix jacchus*, *Callithrix penicillata* e *Callithrix geoffroyi*) introduzidos na ilha de Santa Catarina – SC: a importância da pesquisa na implantação do manejo. Congresso Brasileiro de Primatologia, Porto Alegre (2005).
- Ruiz-Miranda CR, Affonso AG, Morais MM De, Verona CE, Martins A, Beck B. Behavioral and Ecological Interactions between Reintroduced Golden Lion Tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic Coast Forest Fragments. Brazilian Archives of Biology and Technology 49 (2006) 99–109.
- Pereira DG, Oliveira MEA de, Ruiz-Miranda CR. Interações entre calitriquídeos exóticos e nativos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos - RJ. Revista Espaço e Geografia 11 (1) (2008) 87–114.

- Baker, R. J.; Bradley, R. D. Speciation in mammals and the genetic species concept. *Journal of Mammalogy*, 87(4) (2006) 643-662.
- Ascunce, M. S., Hasson, E., Mulligan, C. J., & Mudry, M. D. Mitochondrial sequence diversity of the southernmost extant New World monkey, *Alouatta caraya*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43(1) (2007) 202–15. doi:10.1016/j.ympev.2006.10.004
- Lavergne, A., Ruiz-García, M., Catzeffis, F. et al. Phylogeny and phylogeography of squirrel monkeys (genus *Saimiri*) based on cytochrome b genetic analysis. *American Journal of Primatology* 72(3) (2010) 242–53. doi:10.1002/ajp.20773
- Ruiz-García, M., Vásquez, C., Camargo, E. et al. Molecular Phylogenetics of *Aotus* (Platyrrhini, Cebidae). *International Journal of Primatology* 32 (5) (2011) 1218–1241. doi:10.1007/s10764-011-9539-2
- Moreira MAM. SRY evolution in Cebidae (Platyrrhini:Primates). *Journal of Molecular Evolution* 55 (2002) 92–103.
- Pereira DG, Oliveira MEA, Ruiz-Miranda CR. 2008. Interações entre calitriquídeos exóticos e nativos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ. *Espaço & Geografia* 11:67-94

PARTE VII

EDUCAÇÃO AMBIENTAL

CAPÍTULO 32

Insights from documentarians

Elisabetta Visalberghi, Alessandro Albani and Elisa Rapisarda

Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione
Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma Italia

1. Scientific documentaries

Biologists (especially those studying animal behavior), and laymen are interested in naturalistic documentaries. Both images and narration affect knowledge and interpretation of natural phenomena. Whereas biologists and scientists through their formal education developed ways to critically evaluate the contents of a documentary (especially if it is within their field of expertise), most laymen have not.

The documentaries with wide distribution, such as those shown on television all around the world, are meant to attract and fascinate large audiences belonging to different cultures. This goal is achieved by investing (i) considerable amount of effort (in terms of money and time) to film original breathtaking footage and (ii) comparatively little effort, to achieve a scientifically correct narration. In most cases, the first is considered a priority whereas the second is not. Producers argue that they need high gains to pay the high costs related to the making of documentaries and that this is possible only if the documentary is sold all around the world. Their high costs are often related to the aim of shooting unprecedented scenes requiring new equipment and technologies.

Advice is often sought from scientists about what to shoot and why, and how not to be intrusive in the life of wild animals and nature in general in order

to make the filming possible. But once this is done, scientific advice becomes of secondary importance. In the subsequent phases of editing and script writing, input from scientists is not usually considered of major importance. The possibility to mislead the viewer not providing correct and updated information is not taken in account, nor the narration is systematically discussed with scientists who know more about the issues at stake.

By critically watching the so-called “scientific” documentaries major flaws appear evident. (1) Science is depicted as something certain. (2) The idea that knowledge progresses and that interpretations that are likely to be correct now can become wrong or richer in the future is overlooked. (3) The take home messages are too simplified (as if the world were black or white, good or bad). In other words, complexity, variability, uncertainty appear to frighten script-writers and they do not seem worthy to be passed to a large audience. Despite the fact that viewers have complex social lives, it seems like that documentaries should provide an over-simplified picture of nature and living creatures.

2. The bearded capuchin monkeys of Fazenda Boa Vista. A “homemade” scientific documentary

In 2012 and 2013 we made a scientific documentary on the behavior of wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*, now *Sapajus libidinosus*, given the recent taxonomic change; Lynch-Alfaro et al., 2012) living in the ecotone between *Cerrado* and *Caatinga* in Fazenda Boa Vista (Gilbués, Piauí State, Brazil). The research on this field site has been carried out by an international team of senior researchers from Brazil, United States and Italy that launched the *EthoCebus* Project in 2005 (Visalberghi and Fragaszy 2013; see also www.ethocebus.net). The project had (and has) many participants and collaborators from these countries as well as China, Israel, Australia, and United Kingdom. The project aims at investigating the ecology, foraging, social and cognitive behavior of capuchin monkeys.

The goals of the documentary were (1) to present to a large audience the discoveries made by the researchers of the *EthoCebus* project on two groups of wild bearded capuchin monkeys and (2) to provide rigorous/scientific

interpretations of their behavior. We are convinced that most of the beautiful and technically perfect documentaries on animal behavior produced in the last few decades, do not pursue the latter goal. Instead, they aim to impress the audience and provide simplified and sometime anthropomorphic interpretations of animal life. A clear example of this attitude is the documentary *Clever Monkeys* (2008) produced by the BBC (British Broadcasting Corporation), that illustrated the behavior of the wild bearded capuchin monkeys studied by the team of the *EthoCebus* project. However, when scientists more actively participate to a documentary discussing some of the most interesting findings of their research, the biology of the species and to a little extent the narration that accompanies the story, the scientific quality does improve, as for example the documentary *Forest Wonder: Monkeys that use tools* (2009) produced by NHK (Japan Broadcasting Corporation).

Our DVD *The bearded capuchin monkeys of Fazenda Boa Vista* (2014) is organized in several chapters. The main part is constituted by five chapters entitled *The ecology of wild capuchins*, *Stone tool use*, *Infant care and social behavior*, *Feeding and foraging activities* and *Becoming proficient foragers* and it lasts about 40 min. This part provides a general overview of the ecology and behavior of this population; it also pays special attention to the use of stone tools to crack open encased food, since this makes the Fazenda Boa Vista population particularly worth studying and has been the focus of most of our research being a special feature of our population.

In addition, there are three more chapters lasting about 40 min. *Early days* illustrates with still pictures the beginning of the research (in 2003) when we first saw these capuchins using stone tools and started to investigate this population systematically (in 2005) until we built our field research station in 2006 along a path we named Rua Charles Darwin (since in 2006 the 200 years anniversary of his birth was celebrated). The *Field experiments* chapter illustrates some of the innovative research we carried out to investigate stone tool use. The *Humans and environment* chapter provides information about where our field site is and about the people living in this area and in Gilbués, the closest town. Special attention is given to the threat posed by

deforestation and intensive agriculture that are becoming increasingly common in areas close to Fazenda Boa Vista. We consider this documentary as a never-ending enterprise since its chapters can be revised and new chapters can be added to illustrate new findings.

The idea for the documentary came from Elisabetta Visalberghi, one of the founders of the *EthoCebus* Project, on the basis of her thorough knowledge of capuchins' behavior (e.g., Fragaszy et al. 2004, Visalberghi and Fragaszy 2013) and some expertise on film making (e.g., Visalberghi 1988, 2004) or as scientific consultant (Visalberghi M. and Adilardi 1990). In 2007, her documentary *Nuts about capuchins* on the wild capuchin monkeys using tools has received the Jack Ward Memorial non-commercial film award by the Animal Behaviour Society. But more importantly, she was familiar with all the research carried out in Fazenda Boa Vista and had access to published and unpublished data. From the very beginning Alessandro Albani joined her; he was a Master student in Biology who had previous experience in filming and editing, and had planned to study the capuchins in Fazenda Boa Vista for his Master thesis. Together they discussed the “philosophy” and the aims of the project. Their proposal was then funded by the Ethoikos Foundation (<http://www.ethoikos.it/>). As it appears from the ending titles and the acknowledgements, many other people were involved in this enterprise. Together with Albani, the field assistant, Junior Marino de Oliveira, filmed the monkeys over several months (in 2011 and 2012) and his excellent and broad naturalistic knowledge of the habitat was essential to the success of the project. Elisa Rapisarda (who did her master thesis on the BBC documentary production concerning anthropological issues between 1950 and 2011 (Rapisarda 2012) and Luca Marino (a Master student in Biology with a background in photography and film making) helped with the editing. Visalberghi wrote the narration whose aims were to convey correct information, to hold the attention of the viewers without relying on the use of misleading and comedic characterizations of the phenomena shown. The documentary would not have been possible without the scientific knowledge gained from the studies carried out by the team of researchers, students and field assistants that participated to

the *EthoCebus* project and without the advice of Patricia Izar and Dorothy Fragaszy on the validity and fluency of the narration.

The documentary has an English soundtrack and Italian, English and Brazilian Portuguese subtitles (the Brazilian Portuguese ones were possible thanks to the FAPESP #2013/19219-2 grant assigned to Noemi Spagnoletti). A clip of the documentary (about 7 min) focused on stone tool use has been shown on prime time by *SuperQuark* (2013), the most prestigious science program of the public Italian television. Another 3 min clip on capuchins' hands to process food (Albani et al., 2013) was shown in the opening exhibit "La mano - arte, arto, artefatti" (literally, *Hand – art, forearm, artefacts*) held in the Science Museum of Trento, Italy (MUSE) in 2013. Both achievements indicate that the footage is of relatively high quality despite being directed and filmed by non-professionals. Moreover the DVD was Awarded by the Rome DocScient Festival 2014, Student Jury Grand Prize, Special Award and won the Jack Ward Film Award, as best non-commercial film on Animal Behaviour given by the Animal Behaviour Society.



Fig. 1 Cover of the DVD “The bearded capuchin monkeys of Fazenda Boa Vista”.

On one hand, we intend to give this documentary to researchers, students, and for educational initiatives in exchange for free or for voluntary donations to support research activities and their documentation. For example some of the material filmed by us has been used to illustrate the 18-min DVD video in Portuguese (subtitled in English, Italian and Portuguese) entitled *Humans and capuchin monkeys in Brazilian sertão: knowing to preserve/Homens e Macacos no sertão: conhecer para preservar um ecossistema em perigo* (Spagnoletti and Peternelli, 2015). This DVD, which is part of the EthoCebus conservation efforts, is freely available on the web (<https://www.youtube.com/watch?v=QirIvon1wS0>). On the other hand, we intend to sell it (or parts of the footage) to institutions (such as television, museums, zoological gardens, etc.) that can afford buy them. In the latter cases, they should agree that their narration should be supervised (and if needed corrected) by us.

3. What is next?

In the first section, we expressed our doubts concerning the scientific validity of documentaries broadcasted by the major television companies. In the second section, we described our experience of making a scientific documentary. Does it mean that that other researchers should also do their own documentaries? Not at all. The solution is not that scientists make documentaries, but instead that they actively help those who were trained for this job. Here we provide a few suggestions concerning how the scientific message of a documentary can be improved.

Scientists can suggest to documentary makers the topics of interest. Even when the topic was not chosen by scientists, they can be a valid support during the process of obtaining the desired scenes without imposing stress on the animals. There is no doubt that biologists working with a given species, know more about their behavior and about what can be done without stressing them than a film crew. It is unfortunate that whereas there are strict regulations for the ethical treatment of animals in laboratories, zoological gardens and kept for farming purposes (e.g., Directive 2010/63/EU, Animal Welfare Act available online at <http://awic.nal.usda.gov/government-and-professional-resources/>

federal-laws/animal-welfare-act, Directive 1999/22/EC, Council Regulation 1/200/EC, all european documents are available at: http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/references_en.htm) there is little, or no rule, concerning how movie/documentary makers should treat/film animals (<http://www.animallaw.info/topics/tabbed%20topic%20page/spusfilmanimals.htm>).

However see the strong opposition of the International Primatological Society to the use of non human primates in the media: (<http://www.international-primatologicalsociety.org/OppositionToTheUseOfNonhumanPrimatesInTheMedia.cfm>).

Finally, scientists could write a first draft of the narration and later check it again when it has been edited by the film makers and paired with selected scenes. Narration should reflect the common interest of biologists and film makers to achieve the best possible compromise between a technical explanation and a captivating description of what is shown in the documentary. To support this process the producer should agree to invest more money and time for scientific consultant(s) than has been the case in the past, and reach a common agreement on how to proceed during the enterprise that can satisfy both parties.

Acknowledgements

We are extremely grateful to the *Fondazione Ethoikos* for the grant (DZ-Ethoikos 02/12) given to us to fulfill the dream of realizing the documentary *The bearded capuchin monkeys of Fazenda Boa Vista*. We want also to thank Renata Ferreira who asked us to write this contribution hoping it would be of some inspiration to others.

References

- Fragaszy, D., Visalberghi, E. & Fedigan, L. 2004. *The Complete Capuchin. The Biology of the Genus Cebus*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 339.
- Lynch Alfaro, J.W., Silva, J.S., Jr., Rylands, A.B. 2012. *How different are robust and capuchin monkeys? An argument for the use of Sapajus and Cebus*. *Am. J. Primatol.* 74:273-286.
- Rapisarda E. 2012. *Visioni del mondo dalla BBC. Documentari a carattere etnografico dagli anni ,50 ad oggi*. Sapienza Università di Roma, Facoltà di Lettere e Filosofia. (<http://www.psiculturale.it/>).

Visalberghi, E. & Dorothy F., 2013. The Etho*Cebus* Project. *Stone tool use by wild capuchin monkeys*. In “Multidisciplinary Perspectives on the Cognition and Ecology of Tool Using Behaviors”, Sanz, C., Call J. & Boesch C. (eds.) Cambridge University Press. Pp. 203-222.

Documentaries

Albani A., Truppa V., Visalberghi E., 2013, *Skilled capuchin monkeys*, Video for the exhibit *La Mano – Arte, arto, Artefatti*, Museo delle Scienze (MUSE), Trento. <http://www.muse.it/it/Esplora/mostre-temporanee/Archivio/Pagine/Mostramano.aspx>

BBC (Natural World Series, Natural History Unit). 2008, *Clever Monkeys*. DVD.

NHK (Japan Broadcasting Corporation). 2009. *Forest Wonder: Monkeys that use tools*. DVD.

SuperQuark. 2013, *I cebi di Boa Vista*, Rai 1, August 17th (Radiotelevisione Italiana).

Spagnoletti, N. Peternelli L. 2015. Humans and capuchin monkeys in Brazilian sertão: knowing to preserve/Homens e Macacos no sertão: conhecer para preservar um ecossistema em perigo”. DVD 18-min, Brazil (Subtitles in English, Italian and Portuguese) <https://www.youtube.com/watch?v=QirIvon1wS0>

Visalberghi, E. 1988. *Modestamente Geniali/Simply Genius*. Video.

Visalberghi E. 2004. *Nuts about Capuchins*. © 2004 ISTC-CNR, ISBN 88 – 85059 – 17 – 1, DVD.

Visalberghi, M. Adilardi U. 1990. *Cayo Santiago: l'isola delle scimmie*, RAI-Paneikon. Video.

Visalberghi E., Albani A. 2014. *The bearded capuchin monkeys of Fazenda Boa Vista*. DVD.



Sociedade Brasileira
de Primatologia