

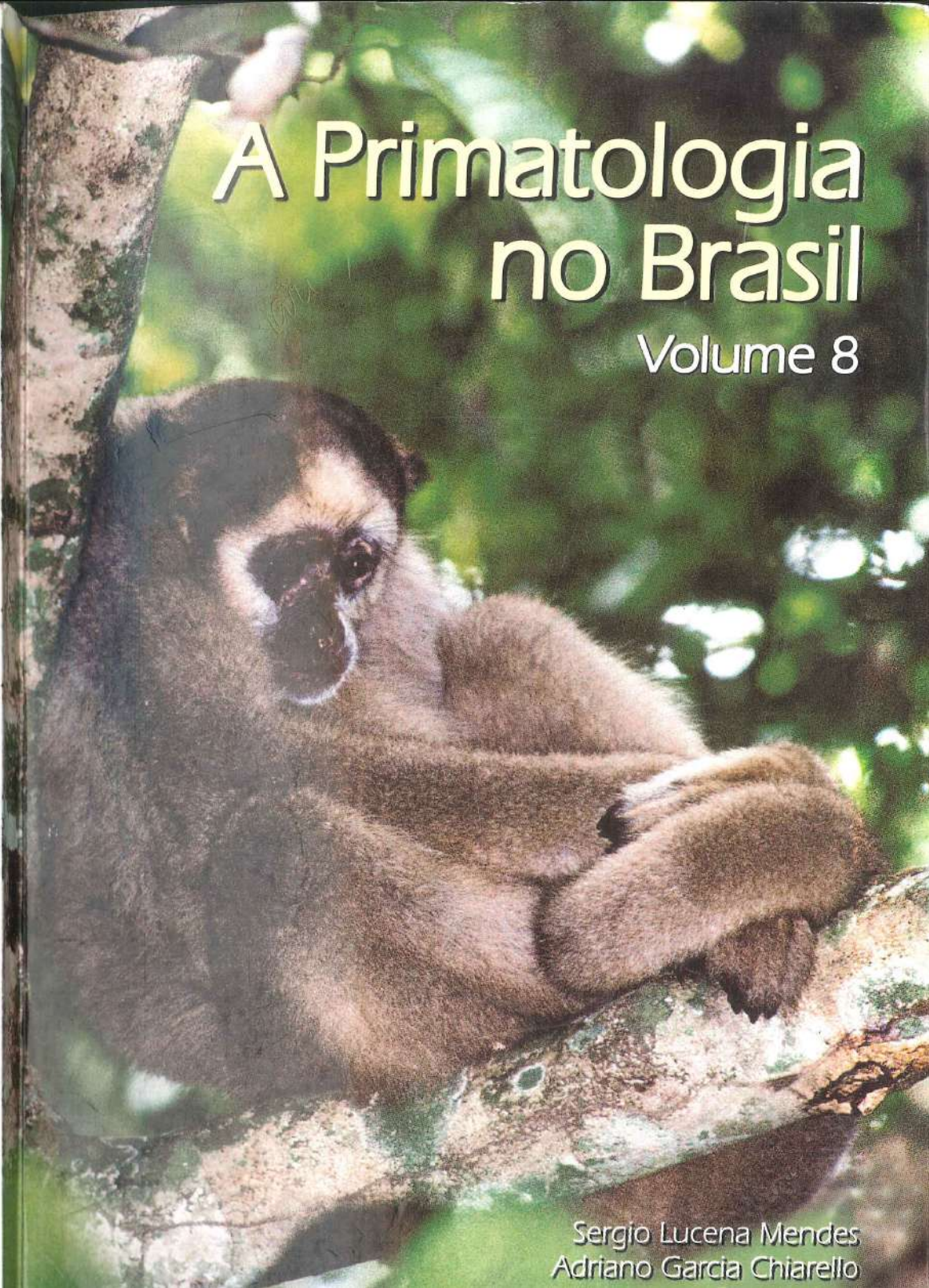
# A Primatologia no Brasil

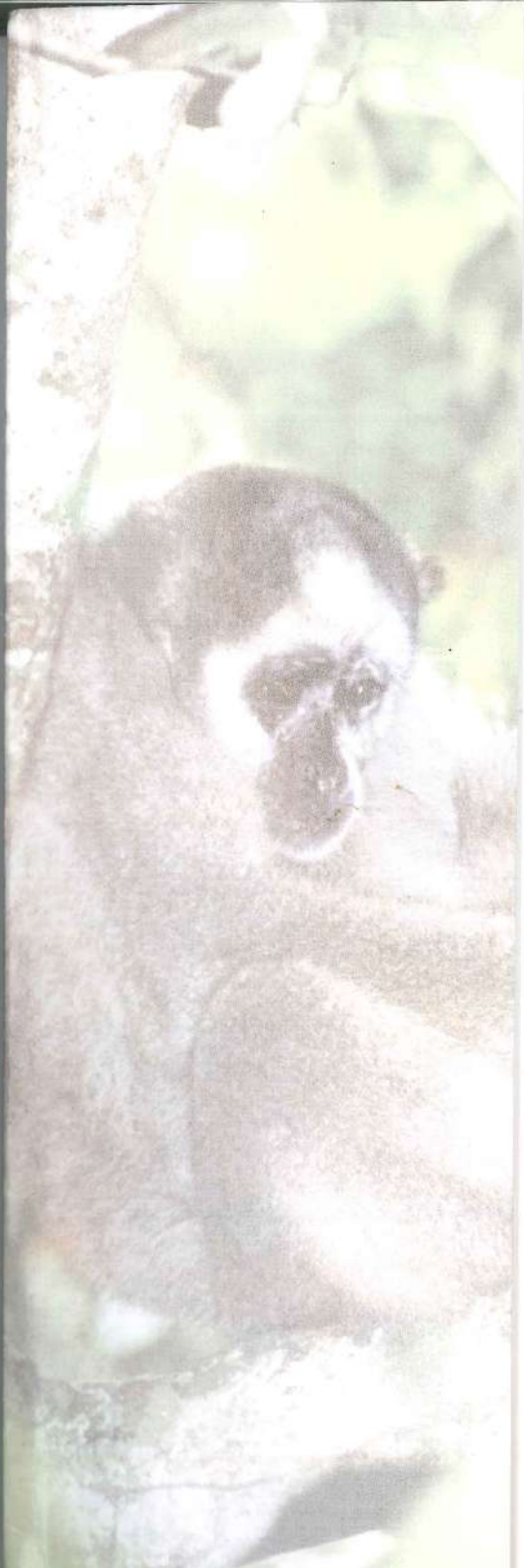
Volume 8

A Primatologia no Brasil - Vol 8

Sergio L. Mendes  
Adriano G. Chiarello

Sergio Lucena Mendes  
Adriano Garcia Chiarello





A Primatologia no Brasil – Volume 8  
*Brazilian Primatology – Volume 8*



M. Kaiser

Marianne Kaiser



**SBPr**

Sociedade  
Brasileira de  
Primatologia

Apoio:



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO ESPÍRITO SANTO



CONSERVAÇÃO  
INTERNACIONAL  
BRASIL



Capa e diagramação: Marcius Cardoso

Impressão: Artgraf

Capa com fotografias de *Brachyteles hypoxanthus*,  
de autoria de Carla Possamai

Mendes, Sérgio Lucena.

A Primatologia no Brasil / Sérgio Lucena Mendes, Adriano Garcia  
Chiarello. – Vitória: IPEMA/SBPr, 2004.

340p.: il; 23x16cm.: (A Primatologia no Brasil V.8)

ISBN 85-99058-01-0

1. Primatologia – Brasil. 2. Primata – Brasil. 3. Comportamento ani-  
mal. 4. Ecologia. 5. Zoologia. II. Título.

CDD 599.80981

CDU 599.8 (81)

Sérgio Lucena Mendes  
Adriano Garcia Chiarello

Organizadores

A Primatologia no Brasil

Volume 8

*(Brazilian Primatology - Volume 8)*

Vitória, ES

IPEMA - Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica  
SBPr - Sociedade Brasileira de Primatologia

2004

## Colaboradores

Adriana Odalia Rímoli

Albert David Ditchfield

Alcides Pissinatti

André Hirsch

Antonio Rossano Mendes Pontes

Arrilton Araújo

Carlos Ruiz Miranda

Cristina V. Santos

Dwain P. Santee

Fernando A. S. Fernandez

José Rímoli

Julio César Bicca Marques

Karen B. Strier

Marcelo Passamani

Maria Bernardete C. de Sousa

Maria de Fátima Arruda

Maria Emília Yamamoto

Mauro Galetti

Patrícia Izar

Stephen F. Ferrari

Valdir F. Pessoa

## Apresentação

É com prazer que apresentamos à comunidade científica o oitavo volume do Livro “A Primatologia no Brasil”. Este volume apresenta 26 capítulos baseados em trabalhos apresentados durante o “IX Congresso Brasileiro de Primatologia”, realizado na cidade de Santa Teresa, Espírito Santo, em julho de 1999. No referido Congresso foram apresentados 195 trabalhos, dentre conferências, mesas redondas, palestras e painéis. Destes, 47 foram submetidos à publicação neste volume e passaram por criteriosa revisão por colaboradores independentes. Os 26 capítulos finalmente aceitos e aqui apresentados foram aqueles devidamente corrigidos pelos autores e devolvidos aos organizadores do livro.

Apesar do trabalho de organização ter sido penoso e demorado, sentimos satisfeitos ao analisarmos o conteúdo e vermos o ineditismo, qualidade científica e abrangência dos trabalhos publicados.

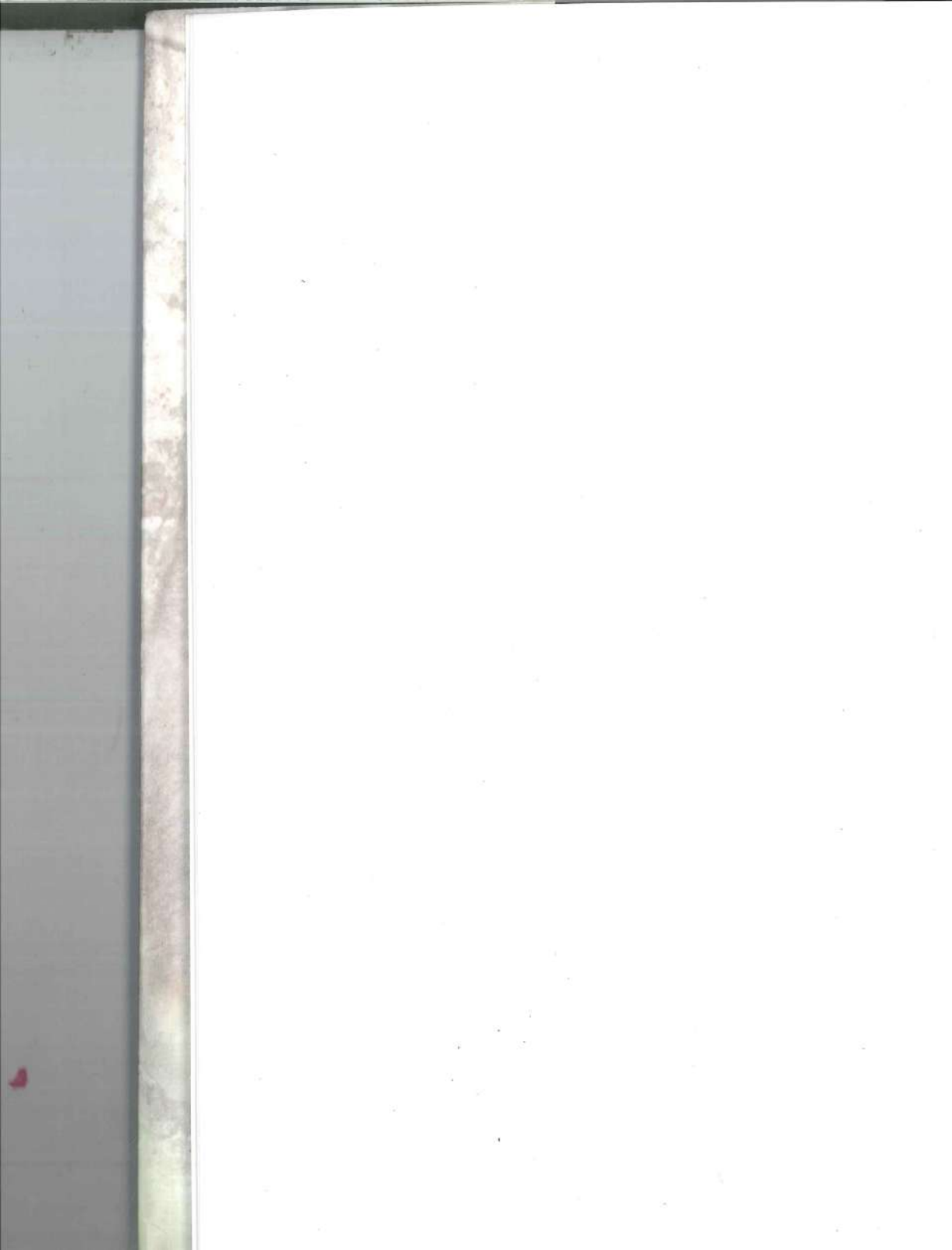
Seguindo a tendência de volumes anteriores, procuramos manter o padrão técnico da publicação, e tornar a sua divulgação ainda mais ampla, já inserindo os títulos em inglês no próprio sumário, além da obrigatoriedade de “Resumo” e “Abstract” em todos os capítulos.

Optamos por não separar os capítulos por temas, mas procuramos, na medida do possível, dar uma seqüência temática, começando por abordagens mais amplas, seguindo por ecologia, comportamento, conservação, fisiologia e, finalmente, parasitologia.

Este livro consiste apenas numa pequena amostra do que é hoje a primatologia brasileira, mas é suficiente para evidenciar que o Brasil não é somente o País da megadiversidade e recordista em número de espécies de primatas, mas também um País que possui uma comunidade de primatólogos consolidada, produtiva e que interage de forma positiva e igualitária com colegas de importantes centros de pesquisa de diversos outros países.

Por fim, cabe agradecer à participação de todos os colaboradores, à Sociedade Brasileira de Primatologia por nos ter dado esta oportunidade, e ao apoio do IPEMA – Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica, Margot Marsh Biodiversity Foundation, Conservação Internacional, Universidade Federal do Espírito Santo e ao Museu Mello Leitão.

Sérgio Lucena Mendes  
Adriano Garcia Chiarello





## Sumário

- Os primórdios da primatologia no Brasil / The early days of primatology in Brazil.**  
Adelmar F. Coimbra-Filho.....11
- Feeding biology of neotropical primates / Biologia alimentar de primatas Neotropicais**  
David J. Chivers & Marcela Santamaría.....37
- Reproductive strategies of New World primates: interbirth intervals and reproductive rates / Estratégias reprodutivas dos primatas do Novo Mundo: intervalos entre nascimentos e taxas reprodutivas.**  
Karen Strier.....53
- Evolutionary trends of neotropical primates according to the ap68 and ap40 microsatellites / Evolução de primatas neotropicais de acordo com os microsatélites AP68 e Ap40.**  
Manuel Ruiz-Garcia, Maria Ignacia Castillo & Diana Alvarez.....65
- Biogeography of Amazonian primates / Biogeografia dos primatas amazônicos.**  
Stephen F. Ferrari.....101
- Interações ecológicas entre mico leão dourado (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) reintroduzido e mico-estrela (*Callithrix jacchus* Linnaeus, 1758) introduzido em fragmentos de Mata Atlântica, RJ / Ecological interactions between reintroduced golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced common marmoset (*Callithrix jacchus* Linnaeus, 1758) in Atlantic forest fragments, RJ.**  
Adriana G. Affonso, Carlos R. Ruiz Miranda & Benjamin Beck.....123
- O mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) minimiza os custos do comportamento de brincadeira? / Do golden lion Tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) minimize the play behavior costs?**  
Cláudia R. de Oliveira & Carlos R. Ruiz-Miranda.....135
- Ecologia alimentar de um grupo de mico-leão-da-cara-preta, *Leontopithecus caissara* (Primates: Callitrichidae), no Parque Nacional de Superagui, Guaraqueçaba - PR, Brasil / Feeding ecology of a group of black-headed lion tamarin, *Leontopithecus caissara* (Primates: Callitrichidae), in the Superagui National Park, southern Brazil.**  
Fabiana Prado & Claudio Valladares-Padua.....145

<b><i>Callithrix penicillata</i> na dieta de <i>spizaetus ornatus</i> (Aves: Accipitridae) em área de cerrado no estado de Minas Gerais / <i>Callithrix penicillata</i> in the diet of <i>Spizaetus ornatus</i> (Aves: Accipitridae) in cerrado vegetation, Minas Gerais State.</b> Márcia V. Greco; Marco A. Andrade; Gustavo D. M. Carvalho; Eduardo P. M. Carvalho-Filho & Carlos E. Carvalho.....	155
<b>Conteúdos estomacais de <i>Alouatta seniculus</i> (Primates: Atelidae) no Acre, Brasil / Stomach contents of <i>Alouatta seniculus</i> (Primates: Atelidae) in Acre, Brazil.</b> Margarete B. Diógenes & Armando M. Calouro.....	161
<b>Discriminação de cores no sauím-preto (<i>Saguinus midas niger</i>) / Color discrimination in the black tamarin (<i>Saguinus midas niger</i>).</b> Daniel M. A. Pessoa, Alessandra J. Baptista, Fabiana B. F. César, Valdir F. Pessoa & Carlos Tomaz.....	169
<b>Evidência comportamental de polimorfismo na visão de cores em mico-de-cheiro (<i>Saimiri ustus</i>) / Behavioral evidence of color vision polymorphism in the squirrel monkey (<i>Saimiri ustus</i>).</b> Valdir F. Pessoa, Carolina C. Prado, Gustavo B. Mozzer & Carlos Tomaz.....	181
<b>Discriminação de cores no macaco-prego (<i>Cebus apella</i>): evidência de tricromatismo comportamental / Color discrimination in the capuchin monkey (<i>Cebus apella</i>): behavioral evidence of trichromatism.</b> Úrsula R. Gomes, Maria Clotilde H. Tavares, Carlos Tomaz & Valdir F. Pessoa.....	191
<b>Interações agonísticas entre grupos de sagüis (<i>Callithrix jacchus</i>): defesa dos recursos ou localização de parceiros sexuais extra grupo? / Agonistic intergroup interactions in common marmosets (<i>Callithrix jacchus</i>): resource defense or extra-group mating opportunity?</b> Carla Soraia S. de Castro & Arrilton Araújo.....	201
<b>Estudo do padrão de defecação em sagüi-comum, <i>Callithrix jacchus</i>, em cativeiro / Patterns of defecation of captive common marmosets, <i>Callithrix jacchus</i>.</b> Maria Bernardete C. de Sousa, Dijenaide C. Castro, Jorge Luiz F. Raminelli, Ana Valéria S. Medeiros; George Henrique L. Nobre, Pedro P. S. Junior & Ivanise C. Sousa.....	213
<b>Catação do macho reprodutor em um grupo de sagüis (<i>Callithrix jacchus</i>) durante a gestação e pós-parto da fêmea reprodutora: uma abordagem temporal /</b>	

Grooming by reproductive male in common marmoset (*Callithrix jacchus*) during the pregnancy and post-partum of the reproductive female: a temporal approach. Carolina V. M. Azevedo, Christina S. Camillo, Carlos A. Xavier, Lucio F. Moreira & Nelson Marques.....225

**Investigando o potencial cognitivo do macaco-prego (*Cebus apella*) / Investigating the cognitive potential of capuchin monkeys (*Cebus apella*).**

Maria Clotilde H. Tavares, Michelline C. Resende, Ana Caroline M. Barros, Márcia S. Verburg & Carlos Tomaz.....239

**Um estudo naturalístico da preferência manual em muriquis (*Brachyteles arachnoides*) / Hand preference in muriquis (*Brachyteles arachnoides*): a naturalistic study.**

Maurício Talebi & César Ades.....251

**Postura e preferência manual em micos-leões-de-cara-dourada e micos-leões-pretos / Posture and manual preferences in golden-headed-lion-tamarins and black-lion-tamarins.**

César Ades & Vânia H. Diego.....263

**Uso de fragmentos pequenos de mata atlântica pelo mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia* / Use of very small fragments of Atlantic Forest by the golden lion tamarin, *Leontopithecus rosalia*.**

Leonardo C. Oliveira, Fernando A. S. Fernandez, Gilberto M. Schittini & Marcelo Passamani.....279

**International committees for the recovery and management of lion tamarins (*Leontopithecus*) / Comitês internacionais para a recuperação e manejo dos mico-leões (*Leontopithecus*).**

Devra G. Kleiman, Jeremy J.C. Mallinson & Maria Iolita Bampi.....287

**Função ovariana e adrenocortical de fêmeas adultas do sagüi (*Callithrix jacchus*) em relação ao comportamento de emigração / Ovarian and adrenocortical functioning related to the emigration in common marmoset (*Callithrix jacchus*) adult females.**

Ana Cláudia S. R. Albuquerque; Maria Carla L. Nascimento; Herbert M. Santos & Maria Bernadete C. Sousa.....301

**Parasitismo por ácaro (Trombiculidae, Ewing, 1944) em *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758), Callitrichidae - Primates / Mite parasitism (Trombiculidae, Ewing, 1944) on *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758), Callitrichidae - Primates.**

Mônica M. Valença-Montenegro; Jaqueline B. de Oliveira; Maria Adélia O. M. da Cruz; Leonildo B. G. da Silva; Magnólia C. N. Botelho.....317

<b>Infecção natural por <i>Trypanosoma</i> sp. em <i>Callithrix jacchus</i> de vida livre /</b> Natural infection in wild <i>Callithrix jacchus</i> by <i>Trypanosoma</i> sp.	
Mônica M. Valença-Montenegro; Jaqueline B. de Oliveira & Maria Adélia O. Monteiro da Cruz.....	321
<b>Levantamento coproparasitológico em miqui (<i>Brachyteles arachnoides hypoxanthus</i>) da Estação Biológica de Caratinga, MG /</b> Survey of fecal parasites in Miquis ( <i>Brachyteles arachnoides hypoxanthus</i> ) at the Estação Biológica de Caratinga, MG.	
Sônia Maria C. dos Santos , Cláudio P. Nogueira , Ana Rosi D. Carvalho & Karen B. Strier.....	327
<b>Nota sobre helmintos encontrados em primatas da Estação Biológica de Caratinga, MG /</b> Note on helminths of primates at the Caratinga Biological Station in Minas Gerais State - Brazil.	
Sônia Maria C. Santos; Cláudio P. Nogueira; Ana Rosi D. Carvalho & Karen B. Strier.....	333

livre /

## OS PRIMÓRDIOS DA PRIMATOLOGIA NO BRASIL

.....321

noides

parasites

gica de

ADELMAR F. COIMBRA-FILHO

da Academia Brasileira de Ciências

Rua Artur Araripe, 60, Apto. 901, CEP 22451-020, Gávea, Rio de Janeiro, RJ.

### RESUMO

.....327

ica de

Station

.....333

Neste ensaio o autor relata alguns dos importantes eventos ocorridos na Primatologia Brasileira até o final da década de 1980, quando o surgimento deste novo campo de pesquisa foi consolidado a partir da criação da Sociedade Brasileira de Primatologia em 1979. Os primatas do mundo abrangem cerca de 270 espécies e numerosas subespécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais. O número de espécies varia de acordo com diferentes autores, bem como em função de revisões taxonômicas e descrições de novas espécies, principalmente no Brasil, o País com a mais rica fauna de primatas, atualmente alcançando a cifra de 110 espécies. Além de sua importância intrínseca nos ecossistemas florestais, os primatas não humanos são extremamente valiosos em diversos estudos científicos. É um paradoxo que até há poucas décadas atrás as pesquisas com primatas foram completamente negligenciadas pela comunidade científica nacional, que deveria reconhecer a importância de se estudar e conservar esse recurso único, através da criação de centros de primatologia bem equipados. Em países mais desenvolvidos, onde nenhuma espécie de primata não-humano ocorre naturalmente, os primatas tem sido estudados desde a década de 1930. Nos Estados Unidos, até a década de 1960, foram criados os sete principais "Regional Primate Research Centers", pelo "National Institute of Health", enfatizando a importância desses animais em estudos científicos, principalmente para a pesquisa biomédica. Apesar de seu valor, muitos primatas estão ameaçados devido à rápida destruição das florestas, além de serem caçados para alimentação e para o comércio clandestino. Um grande número de espécies e subespécies está agora ameaçado. As preocupações com as espécies ameaçadas cresceram já na década de 1960, mas somente no final da década de 1970 é que os programas de pesquisa em biologia, ecologia e comportamento começaram a aparecer nas universidades e institutos de pesquisa brasileiros. O primeiro núcleo primatológico-conservacionista foi estabelecido em 1961, no Estado do Rio de Janeiro, que em sua evolução resultou na criação do Centro de Primatologia do Rio de Janeiro. O objetivo foi promover e desenvolver pesquisas para a preservação do mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*) *in situ*, bem como sua propagação *ex situ*. Esta iniciativa foi seguida pelo estabelecimento de núcleos similares em outras partes do País.

**Palavras chave:** Primatologia, Brasil, história.

## ABSTRACT

**The early days of primatology in Brazil.** In this paper, I relate some of the important events in Brazilian Primatology up the end of the 80s, when the emergence of this new field of research had already been consolidated with the creation, in 1979, of the Sociedade Brasileira de Primatologia (Brazilian Primatological Society). The primate fauna of the world includes about 270 species and numerous subspecies distributed throughout the tropics and subtropics. The number of species varies according to different authors, but also with the discovery of new species, most notably in Brazil, the country with the richest primate fauna, now numbering about 110 species. Besides their intrinsic importance in the forest ecosystems, nonhuman primates are extremely valuable in several scientific studies. It is paradoxical that until only a few decades ago the research on Brazil's primates had been completely neglected by the national scientific community, which should had recognized the importance of studying and conserving this unique resource through the establishment of well-equipped centers of primatology. In most developed countries where no species of primates occur naturally, primates have been studied since the 1930's. Up to the 1960's, the value of non-human primates for scientific studies, even those about biomedical research, was overlooked when seven major Regional Primate Research Centers had already been established in the United States by the National Institute of Health. In spite of their value, many primates are today threatened due to the rapid destruction of their forests, besides being hunted for food and illegal commerce. A large number of species and subspecies are now endangered. Concern for the numerous species already evidently threatened grew in the 1960s, but it was only towards the end of the 1970s that projects and research programs on the biology, ecology and behavior of these animals began to appear in Brazilian universities and research centers. The first primatological-conservation nucleus was established in 1961, in the state of Rio de Janeiro, which in its evolution resulted the Rio de Janeiro Primate Center. The aim was to promote and carry out research for the preservation of the golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*) *in situ*, as well as its propagation *ex situ*. This initiative was followed by the establishment of similar nuclei in other parts of the country.

**Key words:** Primatology, Brazil, history.

## INTRODUÇÃO

A fauna primatológica mundial é rica (Wilson & Reeder, 1993), existindo mais de 270 espécies, além de numerosas subespécies, que se distribuem pelas

regiões tropicais da Terra, com poucas exceções verdadeiramente subtropicais. O número de espécies, contudo, varia segundo o ponto de vista dos autores e com a descoberta de novas espécies, fato ainda freqüente no Brasil (Fonseca *et al.*, 1996), onde têm sido descobertas algumas recentemente na Amazônia e, mesmo em ínfimo remanescente da Mata Atlântica de Sergipe (Kobayashi e Languth, 1999).

A importância científica dos primatas não-humanos é indiscutível e eles representam valioso patrimônio, cujas potencialidades óbvias são facilmente percebidas através das múltiplas investigações científicas, principalmente biomédicas e farmacêuticas, onde são mais utilizados. Por esta razão, é paradoxal que até há poucos decênios tamanha riqueza estava sendo negligenciada pela política científica nacional, à qual cabia prestigiar a Primatologia e colaborar de modo objetivo na preservação dos símios brasileiros. Acerca do apoio e do fomento à Primatologia brasileira, merecem atenção os enfoques reflexivos de Faria (1986). Frise-se que na quase totalidade dos países adiantados inexistia qualquer espécie de símio nativo, embora por longo tempo se realizassem nessas nações importantes estudos sobre esses animais, e desde 1964 já houvessem fundado a International Primatological Society.

No Brasil, nos idos de 1950-1960, mesmo pessoas razoavelmente esclarecidas desconheciam a importância dos primatas na pesquisa científica. Ignorava-se que os EUA já dispusessem de sete bem organizados e equipados *Primate Centers*, pertencentes ao National Institute of Health, onde se desenvolvem sofisticados estudos na área biomédica.

Apesar de muito importantes, os primatas permanecem pouco conhecidos sob múltiplos aspectos da sua biologia e etologia. Além disto, muitas espécies se encontram atualmente em situação precária, algumas até mesmo próximas do desaparecimento devido à destruição acelerada das florestas tropicais e subtropicais. Considere-se também a ininterrupta caça desses animais para diversas finalidades, principalmente a chamada caça de subsistência, que no Brasil não recebe qualquer controle e está eliminando grande número de indivíduos de várias espécies, notadamente formas maiores, como *Alouatta*, *Ateles*, *Lagothrix* e *Brachyteles*. A procura de primatas pelas nações desenvolvidas destinadas à pesquisa científica foi intensa no Brasil nos idos de 1950-1960, quando eram exportadas muitas espécies destinadas a grandes empresas biomédicas e farmacêuticas para as quais são modelos experimentais insubstituíveis. Naqueles tempos a descontrolada exportação de símios brasileiros mostrava-se desalentadora, quando eram exportados sem qualquer controle, inclusive táxons ameaçados de extinção como, por exemplo, o sauí-piranga, ou mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), cuja captura e comércio eram assaz facilitados até há poucos decênios por serem obtidos praticamente nas vizinhanças da cidade do Rio de Janeiro, onde eram comprados a preços irrisórios.

A preservação dos primatas somente começou a ser encarada com mais atenção e seriedade após algumas iniciativas e ações internacionais, como o advento da CITES em 1973, que passou a controlar de modo mais eficiente o comércio internacional das espécies da biota selvagem, além de persistentes ações objetivas de agências internacionais, tendo em vista a salvaguarda dos primatas *in situ* e *ex situ*. À essa época, iniciaram-se pesquisas bem planejadas e com recursos adequados, para o melhor conhecimento desses animais, visando uma preservação mais eficaz em seus *habitats*, para propagá-los *ex situ* de modo mais racional, além de considerar futuros repovoamentos e reintroduções. Essas iniciativas conservacionistas contribuíram para fomentar o desenvolvimento da Primatologia conservacionista, principalmente quando a IUCN criou a Species Survival Commission, a qual, através do seu Primate Specialist Group, organizou a *Global Strategy for Primate Conservation*, documento em que se avaliam as prioridades relativas à preservação das espécies em todo mundo. Deve-se essa admirável iniciativa e atuação a Russell A. Mittermeier (1977) e seus colaboradores. As ações internacionais e os esforços de diversos destacados especialistas e entidades chamaram a atenção para a importância da salvaguarda dos primatas em geral, fato que se refletiu na mídia brasileira, através da qual passou-se a divulgar mais frequentemente assuntos relativos à preservação da fauna ameaçada. Movimentos conservacionistas no Brasil escolheram como símbolo dessas iniciativas um pequeno símio notável - o mico-leão-dourado - que antes já servira como logotipo do III Congresso Brasileiro de Zoologia, realizado de 14 a 20 de julho de 1968 no Museu Nacional do Rio de Janeiro.

Sendo os primatas tão importantes, já haviam surgido preocupações com a problemática primatológica brasileira, que se relaciona diretamente com a séria questão florestal do país. Considerando esse aspecto, procurou-se estimular o estabelecimento de setores em universidades no Estado do Rio de Janeiro com a finalidade de colaborar no desenvolvimento da Primatologia e na conservação da biota selvagem, através de anexos em departamentos pertinentes, notadamente nos de Biologia, desiderato que infelizmente não despertou qualquer interesse na ocasião. Por essa razão, a duras penas, idealizou-se, em 1961, a criação de um núcleo primatológico-conservacionista experimental na Estação Biológica de Marapendi, parte integrante da ex-Reserva Biológica de Jacarepaguá (Strang, 1981), destinado a estudar a possibilidade de se reintroduzir o sauí-piranga (*Leontopithecus rosalia*) na região, investigando-o na sua área de ocorrência natural no estado do Rio de Janeiro, e pesquisando metodologia criteriosa para propagá-lo *ex situ*. Ao núcleo de Marapendi, sucederam-se entidades similares neste mesmo estado, e posteriormente em outros estados do Brasil. Além dessas pequenas entidades de pesquisas primatológicas, e do Centro de Primatologia do Rio de Janeiro situado em Guapimirim (RJ), também foi de grande importância para a evolução da Primatologia no Brasil, o papel desempenhado por três reservas bióticas especialmente criadas para a salvaguarda das três espécies de micos-leões,



então conhecidas. Dessas áreas preservadas duas são federais (IBAMA), e uma estadual (IF-SP), todas devidamente gerenciadas e onde se realizam programas científicos da melhor qualidade, ao se considerar o nível dos pesquisadores implicados, a quem são devidas valiosas contribuições à rápida evolução da Primatologia neotropical.

O que, entretanto, não se pode esquecer são as condições em que foram realizadas naqueles primórdios as pesquisas sobre os saúís-piranga. As investigações eram dificultadas devido à ausência de alguns elementos indispensáveis, tais como literatura especializada, gravadores para *play back*, radiotelemetria, microcomputadores etc., deficiência que hoje certamente impediria um êxito maior em qualquer estudo de campo. Naquela época, a pressão dos caçadores também tornava os saúís-piranga ariscos, fugidios e muito dispersados. Outras dificuldades eram a inexistência da ponte Rio-Niterói e a péssima estrada de acesso à região, pois não sendo pavimentada qualquer chuva mais forte a tornava intransitável. Outrossim, a permanência na região nos idos de 1960 era temerária uma vez que ainda não se havia erradicado definitivamente a malária, principalmente no lugar onde sobreviviam as últimas populações de *L. rosalia*.

### A LITERATURA ESPECIALIZADA NA FASE PIONEIRA

Dentre os entraves ao estudo dos símios brasileiros por volta de 1960, um dos principais era a extrema escassez de publicações pertinentes. Naquela época, ainda se publicavam artigos sobre primatas em periódicos não especializados de difícil localização nas bibliotecas. A própria literatura estrangeira mostrava-se confusa e desatualizada, principalmente em relação aos platirrinos, pouco informando sobre as espécies brasileiras. Quem dispusesse de recursos para importar publicações estrangeiras necessitava esperar muito tempo para recebê-las, além de freqüentes extravios. Ainda não existia as *Current Primate References*, editada a partir de meados de 1960, pelo Primate Information Center, da Universidade de Washington, que inicialmente relacionava poucos artigos e em publicação mimeografada; hoje, são divulgados *ca.* 400 a 600 títulos mensais. A bibliografia primatológica atual é extremamente numerosa, quantidade inimaginável nos primórdios dessa ciência no Brasil. Não obstante, apesar de todo o conhecimento que há na atualidade, ainda muito pouco se sabe sobre diversos aspectos da biologia, comportamento e patologia desses animais, notadamente das formas neotrópicas.

Breve análise da literatura primatológica disponível nos inícios dessa ciência no Brasil de imediato devem ser lembrados dois grandes naturalistas – o holandês George Marcgraf e o brasileiro Alexandre Rodrigues Ferreira – os quais, respectivamente, nos séculos XVI e XVIII, já se referiam a símios brasileiros.

Muito tempo passou-se até chegar-se ao Brasil Imperial, quando a Zoologia brasileira enriqueceu-se com as descobertas e relatos científicos de ilustres zoólogos

alemães, que visitaram o país para estudar a nossa fauna. Desses cientistas, destacam-se Spix, Wied-Neuwied e Natterer, cujos estudos incluem primatas. O resultado dessas pesquisas acha-se registrado, de modo cronológico e resumido, por Hershkovitz (1987), que também cita nas suas referências bibliográficas farta literatura, obras raras inclusive. Sem fazer referência aos autores clássicos, como Elliot, por exemplo, a Primatologia já estava consolidada na Europa e nos EUA, ocasião em que eram publicadas nesses lugares obras primatológicas importantes (Le Gros Clark, 1949; Schultz, 1969), embora os platirrinos ainda merecessem pouca atenção. Nos EUA, contudo, iniciavam-se os estudos pioneiros de Carpenter (1934, 1935) sobre formas neotropicais centro-americanas, tais como *Alouatta palliata* e *Ateles geoffroyi*. Seguiram-lhes os passos outros autores, como Kellog e Goldman (1944), Fooden (1963) e Erikson (1963), este último pesquisando principalmente a anatomia locomotiva de platirrinos. Importante livro editou De Vore (1965), no qual diferentes artigos indicavam a importância científica da Primatologia, embora nessa obra somente haja um único artigo sobre platirrino, justamente de Carpenter (1965), relativo a *A. palliata*.

No Brasil ainda não existiam autênticos primatólogos, embora competentes mastozoólogos publicassem esporadicamente artigos sobre primatas. Dos mais antigos, podem ser citados dois zoólogos ilustres, Alípio de Miranda Ribeiro (1924) e o alemão naturalizado Hermann von Ihering (1914), ambos contemporâneos de Oldfield Thomas (1922), laborioso zoólogo inglês com várias contribuições à Zoologia neotropical, inclusive trabalhos sobre símios brasileiros. Outros mastozólogos publicaram artigos sobre primatas do país, alguns relativos a excursões de coleta zoológica e importantes para estudos de distribuição geográfica. Desses autores antigos, merece citação Vieira (1944), com dois trabalhos significativos, um sobre os símios de São Paulo; e outro, a sua lista sistemática dos mamíferos brasileiros (Vieira, 1955), onde relaciona espécies e subespécies de primatas. Apesar de não se dedicarem primordialmente ao estudo dos primatas, vários zoólogos brasileiros publicaram artigos sobre nossos símios, como João Moojen (1950), Otávio Della Serra (1950, 1952, 1955), Augusto Ruschi (1964), Cori T. de Carvalho (1957a, 1957b, 1959a, 1959b, 1965, 1975), Fernando D. de Ávila-Pires (1969, 1974) e F. D. de Ávila-Pires e E. Gouveia (1977), além de outros igualmente conceituados. Destaque especial deve ser creditado a Eládio da Cruz Lima (1944), pela sua obra clássica – *Mamíferos da Amazônia – Introdução e Primatas*, obra inacabada devido à morte prematura do autor. Cruz Lima (1944) deixou importante legado à Primatologia – o primeiro volume da sua bela obra, justamente a parte referente aos símios hileianos. Poucos anos após a publicação da lista sistemática de Vieira (1955), veio a lume, na Argentina, o excelente *Catálogo de Los Mamíferos de America del Sur*, de Angel Cabrera (1957-61), em dois volumes, onde a Ordem Primates ocupa boa parte do primeiro livro. Durante

muitos anos esse catálogo foi a principal referência taxonômica e zoogeográfica de que os especialistas dispunham sobre os mamíferos do Neotrópico sul-americano. Aproximadamente nesta época, surgiu na Inglaterra outra destacada obra primatológica – os vários volumes de W. C. O. Hill: *Primates – Comparative Anatomy and Taxonomy*, trabalho volumoso, na época muito útil apesar de ainda deficiente na taxonomia e na distribuição geográfica dos platirrinos. Dos vários volumes que compõem essa obra, Hill (1957, 1960, 1962) dispôs as espécies neotrópicas em três volumes – *Hapalidae* (Vol. 3, 1957), *Cebidae A* (Vol. 4, 1960) e *Cebidae B* (Vol. 5, 1962), livros que, embora hoje desatualizados ainda são úteis. Outro livro importante, disponível naqueles tempos para o estudioso brasileiro foi *A Handbook of Living Primates*, de J. R. Napier e P. H. Napier (1967), obra prática, bem organizada e de fácil consulta. Muito útil foi também a parte I do *Catálogo de Primatas do Museu Britânico*, da autoria de P. H. Napier (1976) que abarca os platirrinos. Obviamente, várias outras publicações importantes existiam na ocasião, principalmente artigos de periódicos, mas aqui se acham citadas apenas as mais comumente utilizadas no Brasil. De qualquer modo, não se pode comparar a limitada bibliografia primatológica existente nos idos 1950-1970, especialmente sobre as formas neotrópicas, com o extraordinário número de títulos primatológicos da atualidade. Para nós, o marco principal na literatura primatológica neotropical é a notável obra de Philip Hershkovitz (1977), que estimulou e fomentou sobremaneira o interesse dos pesquisadores pelo estudo dos platirrinos, calitriquídeos principalmente. Ao preparar o segundo volume de seu magno trabalho, Hershkovitz (*op. cit.*) veio a falecer, deixando, porém, publicados artigos excelentes sobre os taxa que deviam formar o segundo livro da obra.

Aos poucos, porém, o trabalho de Hershkovitz (1977) foi se desatualizando, pelo menos em aspectos menores, mas continua muito útil aos estudiosos em platirrinos. Assim, no final da década de 1970, visando preencher lacunas do primeiro volume da obra de Hershkovitz (*op. cit.*), A. F. Coimbra-Filho e R. A. Mittermeier prepararam o primeiro volume de *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*, editado pela Academia Brasileira de Ciências, tendo sido o segundo volume do trabalho publicado por Mittermeier *et al.* (1988), sob o patrocínio do World Wildlife Fund – US. Apesar de naqueles tempos pioneiros da ciência primatológica no Brasil existirem outras contribuições importantes sobre primatas, publicadas em diversos países, neste ensaio apenas são citadas as obras mais consultadas pelo maior número de zoólogos brasileiros. É possível que outras publicações tenham sido também muito utilizadas no decorrer das etapas pioneiras mais avançadas da evolução da nossa primatologia, mas, aqui, salvo uma ou outra exceção, comprometemo-nos a mencionar apenas trabalhos publicados até 1980, ano em que começaram a surgir grande número de excelentes contribuições, notadamente sobre sauíns (*Leontopithecus*), muriquis (*Brachyteles*) e diversas outras espécies. Tais trabalhos são devidos a jovens

primatólogos brasileiros formados em cursos de pós-graduação no Brasil e no exterior, com excelentes orientadores, como, dentre outros, Robert D. Martin, Anthony B. Rylands, David Chivers, Devra Kleiman, John I. Eisenberg, Karen B. Strier, T. H. Clutton-Brock, além de cientistas brasileiros que se dedicaram à Primatologia. Para a formação dos primeiros especialistas nacionais, frise-se o empenho de Milton Thiago de Mello (1984), organizando nos inícios de 1980, cursos avulsos de Primatologia através da Universidade de Brasília.

## **NÚCLEOS PRIMATOLÓGICO-CONSERVACIONISTAS**

Anos atrás, principalmente de 1950 a 1970, a pressão antrópica sobre as populações de símios brasileiros era muito forte, situação que piorava a cada dia devido à acelerada destruição das florestas do país; tais fatos passaram a preocupar e a estimular a idéia de criarem-se entidades destinadas ao estudo e à conservação das numerosas espécies de primatas que ocorrem no nosso território. Essa idéia começou a tomar corpo a partir de 1960 e acabou concretizando-se um ano após no Estado do Rio de Janeiro, através do primeiro desses núcleos, iniciativa que estimulou a criação de entidades similares nesse estado e em outras partes do país, além da criação de setores primatológicos em algumas universidades. A criação dos primeiros núcleos primatológico-conservacionistas fluminenses destinava-se inicialmente a pesquisar aspectos da conservação de *L. rosalia*, embora a idéia logo se tenha ampliado para as outras espécies do táxon, de alguns calitriquídeos ameaçados de extinção, e mais tarde para cebídeos em perigo de desaparecimento. Em etapas mais avançadas do período pioneiro instalaram-se núcleos em outros estados, principalmente no Distrito Federal (Brasília), Minas Gerais, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pará, Pernambuco, São Paulo e Amazonas. No Rio de Janeiro, a partir de 1961, começaram a ser estabelecidos de modo sucessivo quatro desses núcleos, que se aperfeiçoaram com a experiência e os conhecimentos adquiridos nas entidades anteriores. A experiência conseguida nesses núcleos fluminenses foi aproveitada nos diferentes projetos elaborados para a construção e instalação do CPRJ-FEEMA, sendo até mesmo possível que tais núcleos experimentais brasileiros tenham estimulado a criação de entidades semelhantes em outros estados do Brasil e até no exterior. A seguir comentam-se, resumidamente, aspectos desses núcleos primatológico-conservacionistas estabelecidos no Estado do Rio de Janeiro.

### **Núcleo da Estação Biológica de Marapendi – RJ (1961-1963)**

Parte integrante da ex-Reserva Biológica de Jacarepaguá (Strang, 1981), hoje extinta, a Estação de Marapendi era responsável pela manutenção da sua biota selvagem e da restauração das áreas alteradas desse refúgio. Todavia, sua

Direção assumiu o compromisso de instalar pequeno núcleo destinado ao estudo da preservação *in situ* de *L. rosalia* e experimentar procedimentos eficientes para a sua propagação *ex situ*, tendo em mira a reintrodução desse sauí em remanescentes silvestres dessa reserva biológica estadual, que deveria abarcar 28 km<sup>2</sup> e onde *L. rosalia* ocorrera no passado (Coimbra-Filho & Magnanini, 1962). Injunções políticas, fundiárias e jurídicas inviabilizaram a iniciativa do governo do ex-Estado da Guanabara, impedindo também que prosseguissem as pesquisas visando a salvaguarda de *L. rosalia*. Mesmo assim, no curto período de tempo das investigações, foram obtidas importantes informações *in situ*, na região da Baixada Fluminense, notadamente em matas da bacia do rio São João, trechos ripários e ciliares principalmente, e em outros municípios da região (RJ).

Provavelmente foi no núcleo de Marapendi, que pela primeira vez foram projetados viveiros experimentais para a propagação *ex situ* de *L. rosalia*, com base em observações *in situ*. Anteriormente, os viveiros em todo mundo eram diminutos e projetados verticalmente, sendo os poleiros geralmente constituídos de galhos dispostos nessa mesma direção. Nos experimentos de Marapendi, suas dimensões eram bem maiores e os projetos direcionavam-se para posições horizontais, poleiros inclusive, apenas pequenas inclinações, uma vez que se tratam de símios mais corredores-saltadores, do que trepadores-escaladores (Coimbra-Filho, 1965). Nessa ocasião também já se sabia que os saúfs-piranga se abrigavam em cavidades nas árvores, tendo por essa razão sido projetados alguns tipos de abrigos experimentais nos viveiros (Coimbra-Filho, 1965, 1977).

A desativação desse núcleo, que evoluía muito bem, obrigou a transferência dos cinco exemplares de saúfs-piranga, para novo núcleo, instalado provisoriamente no Jardim Zoológico do Rio de Janeiro, onde as pesquisas prosseguiram.

### Núcleo do Jardim Zoológico do Rio de Janeiro, RJ (1963-1971)

Nesta instituição, os saúfs-piranga provenientes do núcleo de Marapendi foram alojados em viveiros de 3m x 2m x 1,80m, construídos de madeira e tela de arame, situados em lugar tranquilo e fora da visitação por tratar-se de projeto conservacionista com aval do IBDF. A colônia em formação permaneceu nesse núcleo provisório durante o período em que o autor chefiou o Serviço Técnico-Científico da instituição, cabendo-lhe também gerenciar todos os animais do Zoológico, que incluía muitos primatas, englobando homínídeos (*Pan* e *Pongo*), diversos cercopitéceídeos, dos quais destacava-se um belo grupo de *Mandrillus sphinx*, vários outros catarrinos, além de muitos platirrininos, notadamente *Ateles belzebuth marginatus*. A par das espécies pertencentes ao Zoológico do Rio de Janeiro, também administrava a pequena colônia de *L. rosalia*, que aumentava com o nascimento de filhotes e a doação de indivíduos, inclusive três belos

exemplares doados em 1965 pelo ilustre cientista norte-americano Kurt Benirschke, do Zôo de San Diego, em uma das suas visitas ao Zoológico do Rio de Janeiro. Nesse período, realizaram-se mais frequentemente as excursões à Baixada Fluminense para observar os saúís-piranga e a situação das matas regionais. Em algumas dessas viagens, o autor teve a oportunidade de acompanhar Álvaro Aguirre em contrafortes da Serra dos Órgãos, quando ele terminava seu trabalho sobre *Brachyteles*. À época, *L. rosalia* e *Brachyteles* foram incluídos no Programa Biológico Internacional, a pedido de José Cândido de Melo Carvalho, grande incentivador da preservação da fauna brasileira.

Apesar das imensas dificuldades, já em meados da década de 1960 haviam sido obtidas *in situ* informações básicas sobre a situação, a bionomia, o comportamento e o processo alimentar de *L. rosalia*, além de alguns resultados alcançados *ex situ* nos núcleos primatológicos referidos. Essa matéria foi apresentada em conferência realizada no "Simpósio sobre Conservação da Natureza e Restauração do Ambiente Natural do Homem", de 26 a 31 de outubro de 1968, na Academia Brasileira de Ciências (RJ), com a participação da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), evento que despertou a atenção internacional para *L. rosalia* e a precária situação que esse símio enfrentava no seu *habitat* natural, no Estado do Rio de Janeiro (Coimbra-Filho, 1969). Nesse evento, Thorington (1969) apresentou trabalho mostrando o interesse da pesquisa científica norte-americana por platinirinos.

A partir da segunda fase pioneira, no núcleo do Zoológico do Rio de Janeiro, tanto *L. rosalia* como os outros símios brasileiros passaram a merecer mais atenção dos meios de comunicação, que divulgavam matérias sobre esses animais, inclusive no exterior (Hill, 1970; Perry, 1972; Coimbra-Filho, *et al.* 1975; Kleiman, 1976; Mittermeier, 1978).

No final dessa segunda fase, em 1970, descobriu-se, em Alagoas, a "gomivoria", um comportamento inusitado de saguís do gênero *Callithrix*, um pouco mais tarde também descoberto em *Cebuella* (Ramirez *et al.*, 1978). O fato foi pela primeira vez observado em Anthropoidea, que consiste na escavação de troncos e galhos de certas árvores com os incisivos inferiores especializados (vide Rosenberger, 1978) para a ingestão de exsudatos palatáveis (Coimbra-Filho, 1971, 1972; Coimbra-Filho & Mittermeier, 1976, 1977). Apesar do extraordinário potencial científico que a "gomivoria" propicia para investigações em diversas áreas, o fato parece não ter ainda despertado maior interesse dos cientistas. Contudo, Milton Thiago de Mello foi dos poucos a perceberem seu valor pragmático, chamando a atenção para as possibilidades dessa descoberta (Mello, 1986). Outro fato significativo ocorrido nessa etapa da nossa Primatologia foi a redescoberta do sauí-preto, ou mico-leão-preto de São Paulo (*Leontopithecus chrysopygus*).

### Núcleo do ex-Instituto de Conservação da Natureza (ICN), da ex-Secretaria de Ciência e Tecnologia, do ex-Estado da Guanabara (1971-1975)

Nessa fase da nossa Primatologia, os conhecimentos sobre os símios brasileiros já eram bem mais satisfatórios e iniciaram-se diversos estudos sobre calitriquídeos da região oriental brasileira, embora também fossem estudados outros platinirinos. No começo dessa etapa foram mantidos importantes contatos e estreita cooperação científica-conservacionista com R. A. Mittermeier, que muito colaborou com pesquisas originais realizadas no ICN e no Banco Biológico da Tijuca (BBT), entidade planejada em cooperação IBDF/ICN-GB. Nessa Instituição realizaram-se estudos sobre *Leontopithecus*, *Callithrix kuhlii* e *Cebus xanthosternos*, além de projetos e planejamentos com base nos conhecimentos obtidos na manutenção de núcleos anteriores e na grande experiência conseguida no manejo de diferentes espécies de primatas no Jardim Zoológico do Rio de Janeiro.

Em outros estados do Brasil, formavam-se também grupos primatológicos altamente especializados em determinadas áreas, como o de Horácio Schneider, que estuda os nossos símios através da genética molecular, mas cujos excelentes trabalhos somente começaram a ser publicados ao redor da década de 90; em Brasília, dentre outros, Doris Santos de Faria e Milton Thiago Mello pesquisaram aspectos da "gomivoria" em *C. penicillata* em árvores de cerrado. Na Paraíba, o núcleo organizado por Carmen Alonso realiza diversos estudos sobre primatas brasileiros, além de poder participar, com outros colegas, na translocação de *Alouatta belzebul*, projeto ora em curso, para a Reserva Biológica Guaribas (PB) dirigida por Marcelo M. de Oliveira, provavelmente contando com a competente assessoria de A. Langgutt e recursos viabilizados pelo Diretor dessa reserva federal.

No núcleo do ICN-GB planejaram-se distintas hibridações experimentais entre determinadas espécies de sagüis, visando diversos estudos, que propiciaram alguns trabalhos já publicados, inclusive experimento destinado à comprovação da validade de *C. kuhlii*. Além deste trabalho, realizaram-se vários outros ensaios, principalmente avaliações zootécnicas preliminares, com o intuito de se aproveitar potencialidades práticas desses símios (sagüis), identificadas no curso da dissociação de fatores nas hibridações, já se tendo obtido resultados ao acaso surpreendentes, como a alopecia parcial em híbrido de *Callithrix*.

Nessa época, ocorreu um dos eventos de maior objetividade em prol da preservação de *L. rosalia* e da Primatologia-Conservacionista: a reunião *Saving The Lion Marmoset*, realizada em Washington, em 1972, patrocinada pelo Wild Animal Propagation Trust, com o apoio da National Zoological Park, para se avaliar a situação de *L. rosalia*, *in situ* e *ex situ*. A esse encontro participaram conceituados zoólogos e especialistas em conservação da fauna, destacando-se pelas suas ações objetivas, dentre outros, Devra Kleiman, que imediatamente após

o término da reunião passou a cadastrar e monitorar os exemplares de *L. rosalia* espalhados pelos zôos norte-americanos, e organizou um *pool* de acasalamentos controlados. Resultaram desse conclave importantes recomendações para o aperfeiçoamento do criatório *ex situ* dessa espécie e a publicação de livro editado por D. D. Brigwater (1972). Nesse livro há vários artigos sobre *L. rosalia* e outros calitriquídeos, inclusive de autores brasileiros.

Na etapa do núcleo do ICN-GB, iniciaram-se os estudos e as investigações médico-veterinárias de Alcides Pissinatti acerca da patologia de platirrinos em geral, de início dirigidas a calitriquídeos e mais tarde a todas as espécies neotrópicas brasileiras, pesquisando principalmente os distúrbios que mais freqüentemente acometem esses símios, que via de regra os podem levar à morte; tais distúrbios são causados geralmente por estresse, capturas e transportes traumáticos, alimentação inadequada e deficiente, que reduzem a resistência orgânica e provocam a invasão de agentes patogênicos oportunistas, tais como *Eicherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, *Klebsiella sp.*, *Streptococcus sp.*, *Staphilococcus sp.*, e protozoários como *Entamoeba sp.* e *Giardia sp.* As importantes pesquisas de A. Pissinatti, assim como as de muitos outros primatólogos brasileiros, somente começaram a ser publicadas após 1980 e por esse motivo não se acham referidas nesta contribuição.

Nesta fase da Primatologia brasileira, surgiram alguns trabalhos importantes sobre *Macaca mulatta*. Frise-se que em meados de 1930 o Instituto Oswaldo Cruz (IOC) mantinha colônia de rhesus em semi-liberdade, na Ilha do Pinheiro (RJ), que servia como biotério para aproveitamento desses símios em estudos de saúde pública. Embora essa colônia não possa ser considerada propriamente um núcleo de estudos primatológicos antes de ser transferida para viveiros construídos na área do próprio instituto, ela proporcionou pesquisas importantes, das quais destaca-se as de Coimbra-Filho & Maia (1974, 1977), e de Juberg *et al.* (1981). O trabalho destes últimos autores visou a organização social o levantamento da população e as condições alimentares. Coimbra-Filho & Maia (*op. cit.*) pesquisaram a inversão das fases reprodutivas em rhesus, nos hemisférios boreal e austral. Pesquisa semelhante foi posteriormente realizada por estes autores com as três espécies conhecidas de *Leontopithecus*, tendo como resultado fenômeno similar (Coimbra-Filho & Maia, 1979).

#### **Núcleo - Banco Biológico da Tijuca (BBT), (RJ) (1971-1979)**

Esse núcleo foi planejado e concretizado em regime cooperativo entre o IBDF e o ICN-GB, com recursos parciais fornecidos pelo WWF-US, e concluído no período da existência do estado da Guanabara. Com a fusão dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, em 1975, foi extinto o Instituto de Conservação da Natureza



(ICN), da ex-Secretaria de Ciência e Tecnologia, da GB, ocasião em que se criou a FEEMA, que para substituir o ICN-GB, criou o Departamento de Conservação Ambiental (DECAM), que, além de suas próprias obrigações institucionais, manteve o núcleo primatológico do antigo ICN no mesmo local onde se encontrava, na área da sede dessa entidade. Com a desativação do ICN, a maioria dos saúís (*Leontopithecus*) das colônias deste último órgão já haviam sido transferidos para o BBT, restando na área do DECAM apenas exemplares de *Callithrix penicillata*, *C. kuhii*, *C. geoffroyi* e diversos híbridos experimentais.

Inicialmente, o BBT fora criado para estudar *L. rosalia* e propagá-la *ex situ*, mas após a captura de alguns reprodutores de *L. chrysopygus*, passou este núcleo a se interessar também pelas formas escuras do táxon, e de outras espécies de sagüís ameaçados. À época do estabelecimento do BBT, o ICN já estudava nossos símios e, por essa razão, pouco tempo após a inauguração desse núcleo, as duas entidades passaram a trabalhar conjuntamente, inclusive já como DECAM. A essa época, A. Magnanini deixara o BBT, passando a trabalhar no DECAM, tendo assumido as responsabilidades do IBDF, no BBT, o Diretor do Parque Nacional da Tijuca, A. D. Aldrichi, ocasião em que se contou com a eficiente ajuda de Francisco M. de Oliveira, o "Tatico", com grande experiência em trabalhos de campo.

No período em que coincidiram as fases do BBT e do DECAM, publicaram-se diversos artigos (Coimbra-Filho & Maia, 1977, 1979; Coimbra-Filho *et al.* 1976, 1980), além de terem sido realizadas numerosas aulas, palestras e conferências sobre primatas, em escolas e universidades.

No final das atividades primatológicas de ambas as entidades, que correspondeu à época da inauguração do Centro de Primatologia do Rio de Janeiro (CPRJ-FEEMA), em novembro de 1979, já haviam sido iniciados no DECAM e no BBT, de modo auspiciosos, os estudos e as investigações de A. Pissinatti sobre a patologia em platinos, trabalhos que prosseguem e se desenvolvem atualmente no CPRJ-FEEMA e agora já com muitos artigos publicados.

Em 1975, no Centro de Pesquisas para Conservação, do National Zoological Park, EUA, Devra Kleiman organizou o simpósio *The Biology and Conservation of the Callitrichidae*, com a participação de conceituados especialistas internacionais, do qual resultou um livro editado por Kleiman (1978), rico em dados novos sobre esse táxon. Aliás, nessa mesma época organizaram-se outros eventos importantes sobre calitriquídeos, como o idealizado por Rothe *et al.* (1978) em Goettingen, Alemanha.

### AS RESERVAS PARA *LEONTOPITHECUS* E SEU PAPEL NA PRIMATOLOGIA BRASILEIRA

Além dos núcleos primatológicos, foi muito importante para a nossa Primatologia o estabelecimento de certas áreas protegidas. Apesar de

existirem outras unidades de conservação no Brasil, inclusive áreas estaduais e até municipais, três reservas bióticas oficiais, no entanto, destacaram-se pelo grande fomento que proporcionaram à Primatologia através de estudos pioneiros nelas realizados.

Naqueles tempos, a ameaça de extinção do sauí-piranga (*L. rosalia*) se encontrava em evidência no mundo e no Brasil, circunstância que passou a estimular muitas pessoas a trabalharem pela sua proteção e outras a estudá-lo. Já nos idos de 1960, a situação de *L. rosalia* mostrava-se muito precária e a criação de uma reserva destinada a sua preservação causava, na época, tanta preocupação internacional que motivaram iniciativas conservacionistas várias. O êxito dos empreendimentos realizados posteriormente na reserva, quando finalmente estabelecida, estimularam iniciativas semelhantes para a preservação das outras espécies do táxon, às quais, mais tarde, acrescentou-se *L. caissara*, descoberta por Lorini & Persson (1990), na Ilha de Superagüi, e cuja distribuição geográfica alcança também o sudeste de São Paulo. Por feliz coincidência, esta forma nova foi descoberta no interior do Parque Nacional de Superagüi, PR, criado pouco tempo antes e recentemente expandido para melhor protegê-la.

### **Reserva Biológica de Poço das Antas (RJ)**

Para a concretização dessa reserva, em 1974, tornou-se necessária a firme posição de pessoas politicamente capazes de pressionar algumas autoridades-chave para que desapropriassem as áreas selecionadas com o propósito de implantar a reserva destinada à salvaguarda de *L. rosalia*. A desapropriação da área escolhida somente se concretizou após a firme decisão do então Governador do estado do Rio de Janeiro, Alnte. Floriano Faria Lima, que enviou o ofício ao Ministro da Agricultura, solicitando urgência na liberação da área para o estabelecimento de uma reserva biológica de interesse do estado. A decisão do Governador recebeu todo apoio da FEEMA, que reforçou os argumentos constantes do processo, encaminhado oficialmente por A. Magnanini através do Departamento, que dirigia, no IBDF.

Estabelecida a Reserva Biológica de Poço das Antas, diversas atividades primatológico-conservacionistas e de educação ambiental foram se desenvolvendo, as quais somente mais tarde, em 1990, passaram a receber reforço financeiro através do Programa Internacional de Cooperação para Conservação do Mico-Leão-Dourado, organizado pelo National Zoological Park (Smithsonian Institution), o IBAMA, o CPRJ e outras entidades. Tais iniciativas são supervisionadas pelo Comitê de Cooperação Internacional de Pesquisa e Manejo, sob a eficiente orientação de Devra Kleiman, Jeremy Mallinson e pelo próprio IBAMA, que em conjunto estabeleceram Comitês de Recuperação e Manejo específicos para cada

espécie de mico-leão, oficializados por ato do IBAMA. Outrossim, procurando tornar menos burocrática a obtenção de recursos fundou-se a Associação Mico-Leão-Dourado, com sede na própria área de reserva. Merece menção o trabalho realizado por Denise Marçal Rambaldi, diretora executiva dessa Associação e de seus companheiros nesse empreendimento. As pesquisas e as atividades tem sido auspiciosas, bem como o trabalho de educação ambiental iniciado por Lou Ann Dietz nessa reserva.

Cabe notar que as duas áreas oficiais no estado do Rio de Janeiro destinadas à salvaguarda de *L. rosalia* são diminutas - Poço das Antas, com 5.500 ha, e a Fazenda União, com 2.400 ha - sendo até mesmo possível que, na área de Poço das Antas, os saúis-piranga já estejam pressionando demasiadamente as populações de suas presas mais visadas. É indispensável o conhecimento desses animais para se poder manejá-los nessas áreas restritas, principalmente em Poço das Antas, que já se acha praticamente saturada com indivíduos de *L. rosalia*. Urge também reconhecer a necessidade de se acelerar os trabalhos de restauração florestal, para que os saúis possam aproveitar integralmente a área da reserva hoje ainda com grandes áreas desmatadas, que propiciam repetidos incêndios. Pesquisas do tipo da realizada por Domingues *et al.* (1989) são indispensáveis e podem ser realizadas em colaboração com especialistas das universidades.

### Reserva Biológica de UNA (BA)

A escolha da área para a implantação da Reserva Biológica de Una exigiu algumas viagens do autor a essa região da Bahia, sendo a primeira delas em 1969, na companhia de José Cândido de Melo Carvalho, Paulo de Tarso Alvim e Sérgio Vinhas, quando foi vistoriada a área em Porto Seguro para se estabelecer a Estação Ecológica do Pau Brasil. Essa região foi percorrida outras vezes e nas duas últimas ocasiões, com o então Delegado Regional do IBDF, Renato Braga Aragão, quando se definiu finalmente a área a ser adquirida. Durante o processo de compra das terras, talvez por questão de preço, a área da reserva foi de fato reduzida no tamanho, ficando com 5.268 ha, apesar de oficialmente constar como abrangendo 11.400 ha; além desse fato, a reserva foi deslocada de posição, perdendo-se com isso um dos melhores trechos da floresta. Desapropriada, a área permaneceu muito tempo sem fiscalização, período em que muitas famílias procedentes do Espírito Santo, na maioria de madeireiros, a invadiram e causaram grandes estragos em suas matas. Nessa época (1980), o IBDF passou a dar mais atenção à reserva, designando um Diretor, Saturnino N. F. de Sousa, e alguns auxiliares.

A reserva de UNA tem recebido diversos pesquisadores brasileiros e estrangeiros de alto nível, como Anthony Rylands e James Dietz, além de muitos estudantes, que desenvolvem estudos sobre a fauna primatológica regional, notadamente *Callithrix kuhlii*, *Leontopithecus chrysomelas* e *Cebus xanthosternos*. Muitos estudos são

originais e representam valiosa contribuição à Primatologia brasileira e neotropical através de artigos em periódicos conceituados, livros, dissertações e teses, aqui apenas mencionados pois esses trabalhos começaram a aparecer ao redor de 1990. Destaque-se os excelentes trabalhos de Anthony B. Rylands, que após ter iniciado pesquisas na Amazônia, veio à Mata Atlântica baiana realizar importantes estudos sobre os símios regionais, além de prestar sua competente orientação a vários estudantes. Sobressaem também as atividades científicas-conservacionistas de Jeremy Mallinson (GDCT = JWPT), que muito tem colaborado para a ampliação dessa reserva, hoje com 7.059 ha, e cujo propósito é aumentar as possibilidades de sobrevivência de *L. chrysomelas*.

### **Parque Estadual do Morro do Diabo (SP)**

O contato com o sauí-preto, ou mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) fora interrompido desde 1905, tendo sido redescoberto em 1970 na Reserva Florestal do Morro do Diabo, situada na região do Pontal de Paranapanema (SP). Após diversas buscas pelo interior desse estado e trechos florestados adjacentes no noroeste do Paraná e sudeste de Mato Grosso do Sul, o reencontro com esse sauí foi de extrema importância para sua própria sobrevivência. Naquela época, em todo mundo, nada se sabia sobre *L. chrysopygus*, havendo apenas um artigo de Vieira (1944). A redescoberta desse raro símio concorreu para que as autoridades do Instituto Forestal (SP) mudassem de atitude, paralisando os ilógicos experimentos florestais em realização na Reserva Florestal onde fora reencontrado o sauí-preto, transformando-a, em 1986, no Parque Estadual do mesmo nome, viabilizando deste modo, maior proteção a *L. chrysopygus*. Além desse parque, há outra área estadual preservada para a salvaguarda do sauí-preto. Trata-se da Estação Ecológica de Caitetus, criada em 1987 no município de Gália (SP), com 2.178 ha, onde sobrevive população reduzida, de ca. 25 indivíduos, mas de grande importância genética porque essa subpopulação é bastante afastada da do Morro do Diabo e de outros pequenos grupos remanescentes; fato de maior pragmatismo em trabalhos genéticos visando a quebra da consangüinidade, trabalho em curso desenvolvido por Cláudio V. Pádua. Somente após as informações de Coimbra-Filho (1970a, 1970b, 1976) e de Coimbra-Filho & Mittermeier (1972, 1973, 1977) é que se passou a conhecer algo mais sobre esse raro primata, endêmico do estado de São Paulo. A partir de 1989-1990, no entanto, iniciaram-se no Parque Estadual do Morro do Diabo, diversos estudos sobre essa espécie, bem organizados e com recursos regulares e adequados, que propiciaram excelentes resultados no início da década de 90; artigos importantes foram publicados, através de pesquisas de C. T. de Carvalho, realizadas por volta de 1989, e de C. V. Pádua, após 1990, com o apoio do IPÊ - Instituto de Pesquisas Ecológicas (SP). Destaque-se, também, o trabalho educativo ambiental realizado nesse parque por Suzana Pádua.

**CENTRO DE PRIMATOLOGIA DO RIO DE JANEIRO (CPRJ-FEEMA)**

De longa data pensava-se em estabelecer um centro destinado a pesquisas primatológico-conservacionistas no Brasil, chegando-se mesmo ao projeto de uma modelar entidade projetada pelo arquiteto Reginaldo A. de Q. Ferreira. Infelizmente, a idéia não pode ser concretizada porque o governo do estado não conseguiu a posse da área desejada, um terreno com 380.000 m<sup>2</sup>, em processo litigioso, situado na encosta leste do Morro do Amorim, na Baixada de Jacarepaguá (RJ). Com a fusão do estado da Guanabara com o do Rio de Janeiro, em 1975, foi criada a FEEMA para gerenciar a problemática ambiental fluminense. No organograma funcional dessa nova instituição estadual, incluiu-se o Departamento de Conservação Ambiental (DECAM), órgão que substituiu o antigo ICN-GB, então responsável pelas questões ambientais de índole biótica e mantenedor de um núcleo de investigações primatológicas. Em uma das primeiras reuniões do Conselho Diretor da FEEMA, sugeriu-se a ampliação desse núcleo primatológico do ex-ICN, transformando-o em um Centro de Primatologia do Rio de Janeiro, destinado a realizar pesquisa sobre os primatas brasileiros, especialmente o mico-leão-dourado (*L. rosalia*). A sugestão foi aprovada, mas considerando a carência de recursos, decidiu-se que estes deveriam ser obtidos em fontes externas.

A procura de um lugar apropriado para a construção do CPRJ-FEEMA demandou tempo. Finalmente, apareceu uma boa área, pertencente à CEDAE, próxima à represa do Paraíso, em Guapimirim (RJ), conseguida por termo de comodato assinado com esta entidade. Um novo projeto foi elaborado pelo mesmo arquiteto que havia feito o do Morro do Amorim, concretizado através de financiamento da FINEP. Na época, este órgão era presidido por José Pelúcio Ferreira, homem de valor e grande visão científica, que de imediato percebeu o potencial científico do CPRJ e aprovou o empreendimento, liberando a primeira parte dos recursos para início das obras, que incluíam o prédio-sede e mais 20 amplos viveiros em alvenaria destinados à propagação das espécies de *Leontopithecus*. Com a mudança do Presidente da FINEP o desenvolvimento da iniciativa tornou-se inviável, ao ser denegado pela nova administração a segunda parte dos recursos prometidos, que se destinariam à construção dos laboratórios de patologia e de genética, e de um pequeno auditório para aulas, cursos e palestras, além de mais alguns viveiros para outras espécies de símios. Com essa negativa, procuraram-se em fontes privadas os recursos necessários ao prosseguimento dos trabalhos. A colaboração da Cia. Souza Cruz foi inestimável, tendo financiado a construção da Central de Manejo e Nutrição e mais alguns conjuntos de viveiros em alvenaria para espécies de *Callithrix* e *Saguinus*. Porém sua ajuda mais significativa foi o custeio de um prédio para alojar cientistas, cujo projeto, da autoria do arquiteto Jorge Jabour Mauad, recebeu o prêmio anual do Instituto de

Arquitetos do Brasil. Dentre outros cientistas ilustres, hospedou-se nesta residência o grande zoólogo Philip Hershkovitz, quando permaneceu no Centro estudando aspectos da fauna regional.

Algum tempo após a inauguração do CPRJ, em novembro de 1979, essa instituição ainda era pouco conhecida e muitas pessoas confundiam-na com um dos dois últimos núcleos primatológicos anteriores, o BBT e o núcleo do ICN-GB. Apesar da crônica falta de recursos de todo tipo, vem o CPRJ trabalhando com significativa produtividade no campo da Primatologia e da Conservação sob a atual direção de Alcides Pissinatti, tendo colaborado bastante no desenvolvimento dessas ciências no Brasil. A propósito da conservação, merece ser frisado que no organograma de atividades do CPRJ há uma seção destinada a ensaios de técnicas conservacionistas primatológicas (seção de Restauração de Habitats), tendo sido realizados diversos experimentos com resultados positivos. Destaquem-se também os ensaios de Leme (1986), repovoando e reintroduzindo bromeliáceas regionais raras na área do Centro, pois se sabe como essas plantas são importantes para os saús e outros símios, que nelas encontram presas apreciadas.

Nessa fase final do período pioneiro da nossa Primatologia, a que se restringe esta contribuição, iniciavam-se pesquisas importantes sobre os muriquis (*Brachyteles*), após Célio M. Valle e Ney Carnevalli terem descoberto significativa população de *B. hypoxanthus* na Fazenda Montes Claros, de propriedade de Feliciano Miguel Abdalla, em Caratinga, MG. Antes do achado de Celio Valle, pouco havia sido publicado sobre os muriquis, existindo apenas algumas notas de Coimbra-Filho & Magnanini (1968), Coimbra-Filho (1972) e um trabalho mais extenso de Aguirre (1971).

A descoberta daquela população em lugar de fácil acesso estimulou a vinda de A. Nishimura ao Brasil para pesquisá-la (Nishimura, 1979). Ao término de seu trabalho, esse pesquisador foi seguido por diversos primatólogos, que se dedicaram também a *B. hypoxanthus*, notadamente Karen Strier, autora de notável obra sobre essa espécie.

Em rápida avaliação de custo/benefício, o trabalho realizado pelo CPRJ desde seu início credita-lhe saldo apreciável. Tudo o que lá se encontra foi realizado com grande dificuldade, com um mínimo de recursos, e com base apenas nos conhecimentos e experiência de equipes dedicadas que vêm trabalhando no assunto desde a década de 60. As atividades no Centro têm sido produtivas e podem ser julgadas através das suas realizações científicas e conservacionistas. Atualmente, jovens agrônomos, biólogos, biomédicos, médicos-veterinários, zootecnistas e de diversas outras especialidades, visitam o Centro para observar e aprender algo sobre nossos primatas e procedimentos conservacionistas dirigidos à fauna em geral. O trabalho realizado no CPRJ não deve ser analisado somente pelo que se fez, mas sim em que condições tem sido executado.

## O CENTRO NACIONAL DE PRIMATAS

Em 1974, convocados pelo CNPq, reuniram-se no Rio de Janeiro pesquisadores brasileiros e norte-americanos para discutir a possibilidade de serem construídos centros para estudos primatológicos no Brasil. Os participantes enfatizaram unanimemente a importância de tal iniciativa para o país. Todo esse rápido interesse do CNPq pela Primatologia é explicável; surgiu, após carta de Albert Sabin ao Presidente desse órgão federal, onde o ilustre cientista indagava da possibilidade de importar saguis amazônicos, mais precisamente exemplares de *Sanguinus mystax* e *S. nigricollis* para importantes pesquisas sobre hepatite e certos tipos de câncer. Inteirando-se do conteúdo da carta, o CNPq transferiu-a ao Ministro da Saúde, Paulo de A. Machado, que, ao saber do assunto, enviou-a ao Presidente do IBDF, Paulo A. Berutti, a autoridade que poderia atender a solicitação do cientista, já que a exportação de animais selvagens do Brasil já era proibida. A carta de A. Sabin ao CNPq, contudo, fez com que fossem organizadas às pressas reuniões sobre a situação da Primatologia no Brasil, assunto sobre o qual muito antes já havíamos abordado com o Presidente desse órgão, Manoel da Frota Moreira e também com o Presidente da Academia Brasileira de Ciências, Aristides Pacheco Leão. No CNPq, ainda sediado no Rio de Janeiro, compareceram, a convite, representantes do Ministério da Saúde, do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e do Instituto de Conservação da Natureza (ICN-GB), além de dois representantes norte-americanos, Russell A. Mittermeier, do WWF-US, e Benjamin Blood, do National Institute Health (NIH), para discutirem a possibilidade de serem criados centros primatológicos no país a fim de iniciarem-se de modo criterioso o estudo e a propagação de símios que ocorrem no Brasil, com a possibilidade de aproveitamento de indivíduos nascidos *ex situ* para finalidades utilitaristas ou conservacionistas. Na reunião sugeriu-se a criação de três centros iniciais, um na Amazônia, um em Brasília (DF) e outro no Rio de Janeiro, onde, desde 1961, já se investigava o sauí-piranga (*L. rosalia*) em sucessivos núcleos primatológicos.

No último encontro no CNPq, o autor foi incumbido de preparar um esboço de programa, para o desenvolvimento dessa ciência no país, documento que seria aperfeiçoado ao passar pelos representantes das demais entidades envolvidas, quando seriam feitas as alterações indispensáveis às atividades de cada instituição. Apesar de sucinto, o documento abarcava ampla gama de possibilidades, incluindo o aproveitamento em pesquisas pragmáticas de indivíduos nascidos *ex situ*, e iniciativas conservacionistas, tais como repovoamentos e reintroduções. Muito tempo se passou sem ser recebida qualquer notícia sobre o programa básico entregue, em mãos, ao representante do Ministério da Saúde, Humberto Torloni. Para surpresa geral, surgiu publicada no Diário Oficial da União boa parte desse documento, sem qualquer menção aos demais participantes, nem ao que fora decidido, mas apenas beneficiando o Ministério da Saúde com recursos para estabelecimento do Centro Nacional de Primatas.

Assim, pela Portaria nº 115, assinada pelo Ministro da Saúde e publicada no Diário Oficial, em 20 de março de 1979, foi criado o CNP sob a responsabilidade dos Serviços de Saúde Pública e com a finalidade precípua de fornecer símios para a investigação científica.

Instalado o Centro Nacional de Primatas, nomeou-se um Diretor, José A. P. C. Muniz, que nada teve a ver com a supra citada deselegante atuação do Ministério da Saúde.

## QUESTÕES TAXONÔMICAS PENDENTES

O CPRJ vem realizando estudos que abarcam distintas abordagens, inclusive aspectos ainda imprecisos da taxonomia de Callitrichidae. Assim, por exemplo, persistem questões a nosso ver duvidosas devido à falta de investigações e à aplicação de técnicas mais eficientes, talvez na área da genética molecular, além de outras.

Assim, dúvida de *Callithrix aurita* e *C. flaviceps* serem ou não consideradas co-específicas merece mais atenção. Esse aspecto, aliás, já havia sido comentado por Hershkovitz (1977: 492) e outros autores como Coimbra-Filho (1991: 145-158) e mais recentemente Mendes (1997-a, 1997-b), os quais verificaram a grande semelhança entre esses dois saguís-da-serra, de certo modo comprovando o extremo parentesco genético entre eles. Tudo parece indicar que apenas diferem por aspectos insignificantes, especialmente na tonalidade do pelame.

Outra questão relevante é a validade da espécie *C. kuhlii*. Para Hershkovitz (1977) esse sagüi não passaria de híbrido natural entre *C. geoffroyi* e *C. penicillata*, conceito que não pode mais ser considerado, após estudos e diversas hibridações experimentais que descartam tal possibilidade. Vivo (1991) também não considera esse táxon, mas somente quem não observou essa espécie viva, lado a lado com *C. penicillata*, é que as pode confundir. O sagui *C. kuhlii* é espécie válida, assertiva reforçada pelos estudos de Natori (1990), dentre outros.

Outra questão pendente, pelo menos para o autor, é o caso de ser válida ou não a forma *Leontopithecus caissara*, recém-descoberta por Lorini & Persson (1990). Tudo parece indicar que não passa de subespécie do sauí-preto de São Paulo. Conhecendo o sauí-preto há vários anos, constata-se alguma irregularidade no padrão de colorido do seu pelame. A cromogenia da espécie, tanto *in situ* como *ex situ*, é variável, especialmente o campo amarelado, fato verificado no casal de procedência selvagem obtido taxidermizado e que concorreu para a redescoberta da espécie em 1970. O espécime macho desse casal se apresenta bem escuro, praticamente negro, apenas com ínfima mancha amarelada no baixo dorso, coxas, e maior extensão da parte proximal de cauda, já na fêmea, a área amarela é bem mais extensa, semelhante à figura de *L. chrysopygus* que ilustra a descrição original de Mikan, reproduzida em Coimbra-Filho & Mittermeier (1972), onde toda parte posterior do corpo é amarela.



Outra prova da variabilidade cromática dorsal desse sauí observa-se em filhotes nascidos de pais bem escuros, que exibem em grande extensão da parte dorsal tonalidades pardo-amareladas, numa franca tendência ao campo amarelo de *L. caissara*. Vários desses espécimes de colorido anômalo encontram-se colecionados no pequeno museu do CPRJ-FEEMA. Espera-se que investigações genéticas mais acuradas possam encontrar diferenças realmente significativas entre as duas formas para se resolver essa questão.

Caso que também deve ser resolvido definitivamente é o paradoxo que se verifica com as formas de *Saguinus fuscicollis*, tidas como subespécies, enquanto os *Callithrix* do grupo *argentata* são tidos como espécies válidas. Tratando-se de problema similar deveria obedecer a um mesmo critério. Seja como for, verifica-se que ainda há muito que se investigar sobre os primatas em geral, para que se possa classificá-los e entendê-los melhor.

### AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus sinceros agradecimentos ao Alnte. Ibsen de Gusmão Câmara, e ao Prof. Dr. Anthony B. Rylands, da Universidade Federal de Minas Gerais, pela presteza em reverem o texto. Ao Dr. Alcides Pissinatti, atual Diretor do Centro de Primatologia do Rio de Janeiro, por colaborações.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, A. C., 1971. O mono *Brachyteles arachnoides* (E. Geoffroy). Acad. Bras. Ciências, 53 pág. Rio de Janeiro, GB.
- ÁVILA-PIRES, F. D. de, 1969. Taxonomia e zoogeografia do gênero *Callithrix* *Erxleben*, 1777 (Primates, Callithricidae). Rev. Brasil Biol., 29 (1): 49-64.
- ÁVILA-PIRES, F. D. de, 1974. Caracterização zoogeográfica da Província Amazônica. II - A família Callitrichidae e a zoogeografia Amazônica. An. Acad. Bras. Ciências, 46 (1): 159-181.
- ÁVILA-PIRES, F. D. & GOUVEIA, E., 1977. Mamíferos do Parque Nacional de Itatiaia. Bol. Mus. Nac., Rio de Janeiro. Nova Série Zoologia, 291: 1-29.
- BRIDGWATER, D. D., 1972. (ed.) Saving The Lion Marmoset. 223 p., Wild Animal Propagation Trust, Wheeling, West Virginia.
- CABRERA, A., 1957. Catalogo de los Mamíferos de America del Sur. Vol. 1: 1-307. Mus. Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia.
- CARPENTER, C. R., 1934. Field study of the behavior and social relations of howling monkeys. Comp. Psychol. Monogr. 10 (48): 1-168.
- CARPENTER, C. R., 1935. Behavior of red spider monkeys in Panamá. J. Mammal., 16 (30): 171-211.
- CARPENTER, C. R., 1965. The howlers of Barro Colorado Island. In: I. De Vore (ed.) Field studies of Monkeys and Apes. pp: 250-291. Holt, Rinehart and Winston. New York.
- CARVALHO, C. T. de, 1957 a. Alguns mamíferos do Acre Ocidental. Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia, 6: 1-22.

- CARVALHO, C. T. de, 1957 b. Nova subespécie de saguim da Amazônia. Rev. Bras. Biol., 17 (2): 219-222.
- CARVALHO, C. T. de, 1959 a. Sobre a validade de *Callithrix leucippe* (Thos). (Callithricidae, Primates). *Papéis Avulsos Zoologia*. São Paulo, 13 (27): 317-320.
- CARVALHO, C. T. de, 1959 b. Lectótipos e localidades das espécies de Goeldi (Primates, Carnívora e Rodentia). Rev. Bras. Biol., 19 (4): 459-461.
- CARVALHO, C. T. de, 1965. Comentários sobre os mamíferos descritos e figurados por Alexandre Rodrigues Ferreira em 1790. Arq. Zool. São Paulo, 12: 7-70.
- CARVALHO, C. T. de, 1975. Acerca da alimentação de bugios (Mammalia, Cebidae). *Silvicultura em São Paulo*, Vol. 9: 53-56.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1965. Breeding lion marmosets *Leontideus rosalia* at Rio de Janeiro. Int. Zoo Yerb., 5: 105-110.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1969. Mico-leão, *Leontideus rosalia* (Linnaeus, 1766), situação atual da espécie no Brasil. An. Acad. Bras. Ciências, 41 (Supl.): 29-52.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1970 a. Considerações gerais e situação atual dos mico-leões escuros *Leontideus chrysomelas* (Kuhl, 1820) e *Leontideus chrysopygus* (Mikan, 1823) (Callithricidae, Primates). Rev. Bras. Biol., 30 (2): 249-268.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1970 b. Acerca da redescoberta de *Leontideus chrysopygus* (Mikan, 1823) e apontamentos sobre sua ecologia (Callithricidae, Primates). Rev. Bras. Biol., 30 (4): 609-615.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1971. Os saguis do gênero *Callithrix* da região oriental brasileira e um caso de duplo hibridismo entre três de suas formas (Callithricidae, Primates) Rev. Brasil, Biol, 31 (3): 377-388.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1972 a. Aspectos inéditos do comportamento de saguis do gênero *Callithrix* (Callithricidae, Primates). Rev. Bras. Biol., 32 (4): 505-512.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1972 b. Mamíferos ameaçados de extinção no Brasil. In: *Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. (Ed.) Acad. Bras. Ciênc., págs. 13-98. Rio de Janeiro.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1976. *Leontideus rosalia chrysopygus* (Mikan, 1823), o mico-leão do Estado de São Paulo (Callitrichidae, Primates). *Silvicultura em São Paulo* (IF-SP), 10: 1-36.
- COIMBRA-FILHO, A. F., 1978. Natural shelters of *Leontopithecus* and some ecological implications (Callitrichidae, Primates). In: *The Biology and conservation of the Callitrichidae*. (Ed.) D. G. Kleiman, pp.: 79-89. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MAGNANINI, A., 1962. Aves da Restinga. 49 págs. Comissão Permanente da Reserva Biológica de Jacarepaguá. Gráfica Exata, Rio, GB.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MAGNANINI, A., 1968. Animais raros ou em vias de extinção no Brasil. Anuário Brasileiro de Economia Florestal, nº 29: 15-24.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MAGNANINI, A., 1972. On the present status of *Leontopithecus* and some data about new behavioral aspects and management of *L. r. rosalia*. In: (Ed.) D. D. Bridgwater. *Saving the Lion Marmoset*. pp. 59-69. WAPT, Wheeling, USA.

- COIMBRA-FILHO, A. F. & Maia, A. de A., 1974. Contribuição ao manejo racional da colônia de rhesus (*Macaca mulatta*) na Ilha do Pinheiro, GB. Brasil. IBDF, Brasil Florestal, 5 (20): 13-25, Rio.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & Maia, A. de A., 1977. As fases do processo reprodutivo de *Macaca mulatta* Zimmermann, 1780, na Ilha do Pinheiro, Rio de Janeiro, Brasil (Cercopithecoidea, Primates). Rev. Bras. Biol., 37 (1): 77-78.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MAIA, A. de A., 1979. A sazonalidade do processo reprodutivo em *Leontopithecus r. rosalia* (Linnaeus, 1766) (Callitrichidae, Primates). Rev. Bras. Biol., 39 (3): 643-651.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MAIA, A. de A., 1980. O processo de muda dos pêlos em *Leontopithecus r. rosalia* (Linnaeus, 1766) (Callitrichidae, Primates). Rev. Brasil. Biol., 39 (1):83-93.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MITTERMEIER, R. A., 1972. Taxonomy of the genus *Leontopithecus* Lesson, 1840. In: (Ed.) D. D. Bridgewater. Saving the Lion Marmoset. pp.7-33. Wild Animal Propagation Trust, Wheeling, USA.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MITTERMEIER, R. A., 1973 a. Distribution and ecology of the genus *Leontopithecus* Lesson, 1840 in Brazil. Primates, 14 (1): 47-66.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MITTERMEIER, R. A., 1973 b. New data of the taxonomy of the Brazilian marmosets of the genus *Calithrix* Erxleben, 1777. Folia Primatol., 20: 241-264.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MITTERMEIER, R. A., 1976. Exudate-eating and tree-gouging in marmosets. Nature, 262: 630, London.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MITTERMEIER, R. A., 1977. Conservation of the Brazilian lions tamarins (*Leontopithecus rosalia*). In: (Ed.) H. S. H. Prince Rainier III of Monaco and G. H. Bourne. Primate Conservation. pp.: 59-94. Academic Press, New York.
- COIMBRA-FILHO, A. F.; MAGNANINI, A. & MITTERMEIER, R. A., 1975. Vanishing Gold. Animal Kingdom, 78 (6): 21-27.
- CRUZ-LIMA, E. da, 1944. Mamíferos da Amazônia, Vol. 1. Introdução Geral e Primatas. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará.
- DE VORE, I., 1965. Primate Behavior – Field Studies of Monkeys and Apes. (Ed. I. De Vore), 654 p., Holt, Rinehart and Winston, New York, USA.
- DOMINGUES, R. A. P.; PUGIALLI, H. R. L. & DIETZ, J. M., 1989. Densidade e diversidade de fauna fitotelmata em bromélias de quatro tipos de florestas degradadas. Rev. Bras. Biol., 49 (1): 125-129.
- ERIKSON, G. E., 1963. Brachiation in new world monkeys and in anthropoide apes. Symp. Zool. Soc. London, 10: 135-164.
- FARIA, D. SANTOS DE, 1986. Reflexões acerca de uma primatologia brasileira. In: (Ed. M. T. de Mello) A Primatologia no Brasil. 2pp.: 515-520. Soc. Brasil. de Primatologia, Campinas, São Paulo.
- FONSECA, G. A. B. DA; HERMANN, G.; LEITE, Y. R. L.; MITTERMEIER, R. A.; RYLANDS, A. B. & PATON, J. L., 1996. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. Occasional Paper in Conservation Biology, nº 4: 1-38.
- FOODEN, J., 1963. A revision of ther wooly monkeys (genus *Lagothrix*). J. Mammal., Goldman 44 (2): 213-247.
- HERSHKOVITZ, P., 1987. A history of the recent mammalogy of the Neotropical

- Region from 1942 to 1950. In: (Eds. Paterson and Timm). Essays in Honor of Philip Hershkovitz. pp.: 11-99. Fieldiana, Zoology, New Series, n° 39.
- HERSHKOVITZ, P., 1977. Living New World Monkeys (Platyrrhini), Vol. 1, 1117 pp.
- HILL, C. A., 1970. The last of the golden marmosets. Zoo-nooz. San Diego Zoo. Vol. 43: 12-17.
- HILL, W. C. O., 1957. Primates. Comparative Anatomy and Taxonomy. Vol.3. Hapalidae 354 p. The University Press, Edinburg.
- HILL, W. C. O., 1960. Primates. Comparative Anatomy and Taxonomy. Vol.4. Cebidae - Part A, 523 p. The University Press, Edinburg.
- HILL, W. C. O., 1962. Primates. Comparative Anatomy and Taxonomy. Vol.5. Cebidae - Part B, 537 p. The University Press, Edinburg.
- IHERING, H. VON, 1914. Os bugios do gênero *Alouatta*. Rev. Mus. Paulista, Vol. IX: 231-250.
- JUBERG, P.; FARIA, D. S. DE & LEITE, M. E. L., 1981. Estudo do comportamento da população de *Macaca mulatta* Zimmermann, 1780 na Ilha do Pinheiro, RJ, Brasil: organização social, levantamento da população e condições de alimentação. Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Vol. 76 (2): 111-120.
- KELLOG, R. & GOLDMAN, E. A., 1944. Review of spider monkeys. Proc. U.S. Nat. Mus., 96: 1-45.
- KLEIMAN, D. G., 1976. Will the pot of gold have a rainbow? Animal Kingdom, 79 (1): 2-6.
- KLEIMAN, D. G., 1978. (Ed.) The Biology and Conservation of the Callitrichidae. Smithsonian Institution Press, USA.
- LE GROS CLARK, W. E., 1949. History of the Primates (1st ed.). The Univ. Chicago Press.
- LEME, E. M. C., 1986. Bromeliáceas do Centro de Primatologia do Rio de Janeiro. Bol. FBCN, 21: 128-133.
- LORINI, M. L. & PERSON, V. G., 1990. Nova espécie de *Leontopithecus* Lesson, 1840, do Sul do Brasil. (Primates, Callitrichidae). Bol. Mus. Nac., Rio de Janeiro, 338: 1-14.
- MELLO, M. T. DE. 1984. Treinamento de pessoal em Primatologia. In: (Ed. M. T. Mello). A Primatologia no Brasil. 1pp.: 373-398. Soc. Bras. Primatologia.
- MELLO, M. T. de. 1986. Atividade roedora de *Callithrix penicillata* (sagui, mico-estrela). In: (Ed. M. T. Mello). A Primatologia no Brasil. 2pp.: 107-130. Soc. Bras. Primatologia.
- MENDES, S. L., 1997 a. Hybridization in free-ranging *Callithrix flaviceps* and the taxonomy of the Atlantic forest marmosets. Neotropical Primates, 5 (1): 6-8.
- MENDES, S. L., 1997 b. Padrões biogeográficos e vocais *Callithrix* do grupo *Jacchus* (Primates, Callitrichidae). Tese de Doutorado, 155 pp. Univ. Estadual de Campinas, São Paulo.
- MIRANDA-RIBEIRO, A. de, 1924. Alguns factos e mais dois símios novos da nossa fauna. Bol. Mus. Nac., Rio de Janeiro, 1 (3): 211-215.
- MITTERMEIER, R. A., 1977. A global strategy for primate conservation. Unpublished report to the World Wildlife Fund. Washington, D.C.
- MITTERMEIER, R. A., 1978. Monkeys in the bank. International Wildlife, 8 (2): 36-40.
- MITTERMEIER, R. A.; BAILEY, R. & COIMBRA-FILHO, A. F., 1988. Ecology and Behavior of Neotropical Primates, Vol. 2. (Eds. Mittermeier et al.). World Wildlife Fund.

- MOOJEN, J., 1950. Sobre *Callithrix aurita* (E. Geoffroy, 1812). (Callitrichidae, Primates). Rev. Bras. Biol., 10 (4): 501-504.
- NAPIER, J. R. & NAPIER, P. H., 1967. A Handbook of Living Primates. 456 pp. Academic Press, London.
- NAPIER, P. H., 1976. Catalogue of Primates in the British Museum. Part I, 121 p. Families Callitrichidae and Cebidae and Cebidae. British Museum (Natural History).
- NATORI, M. 1990. Numerical analyses of the taxonomical status of *Callithrix kullii* based on measurements of the post-canine dentition. Primates, 31 (4): 555-562.
- NISHIMURA, A. 1979. In search of woolly spider monkeys. Kyoto University Overseas Research Report of New World Monkeys (1979): 21-37. Kyoto Univ. Primate Research Institute, Japan.
- PERRY, J. 1972. In danger-golden lion marmosets. Smithsonian, 3 (9): 49-53.
- RAMIREZ, M. F., FREESE, C. H. & REVILLA, J., 1978. Feeding Ecology of the pygmy marmoset *Cebuella pymaea*, in Northeastern Peru. In: (Ed. D. G. Kleiman). The Biology and Conservation of the Callitrichidae, pp.: 91-104.
- ROSENBERGER, A. L., 1978. Loss of incisor enamel in marmosets. J. Mammology, 59 (1): 207-208.
- ROTHE, H.; WOLTERS, H. J. & HEARN, J. P., 1978. (eds.) Biology and Behaviour of Marmosets. Proceed. Marmoset workshop. Goetingen, West-Germany, 1977.
- RUSCHI, A., 1964. Macacos do Espírito Santo. Bol. Mus. Biologia Mello-Leitão, Zoologia, 23 A: 1-23. Santa Teresa, ES.
- SCHULTZ, A. H., 1969. The Life of Primates. Weindenfeld and Nicolson. Great Britain. Woking.
- SERRA, O. D., 1950. Considerações acerca da posição genérica de *Callithrix melanoleuca* (Miranda Ribeiro), Eládio Lima, 1944. Papeis Avulsos, Depto. Zoologia, São Paulo, 9 (19): 285-294.
- SERRA, O. D., 1952. A seqüência eruptiva dos dentes definitivos nos símios *Platyrrhinia* e sua interpretação filogenética. Anais da Fac. Farm. Odontol., Univ. São Paulo, 10: 215-296.
- SERRA, O. D., 1955. O articulado dos dentes labiais nos símios da família Cebidae Swainson, 1835 (Primates, Mammalia). Papeis Avulsos do Depto. Zoologia, São Paulo, Vol. 12 (6): 165-188.
- STRANG, H. E., 1981. A Reserva Biológica de Jacarepaguá - um projeto frustrado. Bol. FBCN, 16: 52-61.
- THOMAS, O., 1922. On the systematic arrangements of the marmosets. Ann. Mag. Nat. History, 9 (9): 196-199.
- THORINGTON JR., R. W., 1969. The study and conservation of New World monkeys. An. Acad. Bras. Ciênc., 40 (Supl.): 253-260.
- VIEIRA, C. C., 1944. Os símios do estado de São Paulo. Papeis Avulsos do Depto. Zoologia, São Paulo, IV (1): 1-31.
- VIEIRA, C. C., 1955. Lista anotada remissiva dos mamíferos do Brasil. Arq. Zool., São Paulo, Vol. III: 341-474.
- VIVO, M. de, 1991 Taxonomia de *Callithrix Erxleben*, 1777. (Callitrichidae, Primates). Fund. Biodiversitas, Belo Horizonte, MG.
- WILSON, D. E. & REEDER, D. M., 1993. Mammals species of the World. 2nd. ed. 1206 p. Smithsonian Institution Press. Washington, London.



## FEEDING BIOLOGY OF NEOTROPICAL PRIMATES

DAVID J. CHIVERS & MARCELA SANTAMARÍA

Wildlife Research Group, Department of Anatomy, University of Cambridge,  
Downing Street, Cambridge CB2 3DY, U.K., e-mail: djc7@cam.ac.uk

### RESUMO

**Biologia alimentar de primatas Neotropicais.** Em termos de dieta os primatas não são especialistas quando comparados aos demais mamíferos, que possuem adaptações anatômicas e fisiológicas para o consumo de matéria animal ou de folhagem. Os primatas possuem tratos digestivos simples, dominados por estômago (Colobidae) ou ceco e colo (Strepsirhini, *Alouatta*, Pongidae). Primatas Neotropicais, apesar de seus tamanhos corporais variados, se enquadram nas adaptações frugívoras dos primatas. Os *taxa* menores suplementam frutos com matéria animal e/ou exudados (Callitrichinae, Cebinae), enquanto os maiores comem sementes (Pitheciinae) ou folhas (Atelinae), quando não se concentram no consumo quase exclusivo de polpa de frutos (*Ateles*, Aotinae). Métodos de quantificar a dieta e a estrutura do trato digestivo são descritos, enfatizando a versatilidade dos cebóides, que são exclusivamente florestais. Há uma estreita relação entre a anatomia dental e de trato digestivo e as proporções de matéria animal, fruto e folhagem na dieta. Devido às diferenças de tamanho corporal, os cebóides apresentam dietas mais variadas, baseadas em frutos, do que os primatas do Velho Mundo. Os pongídeos são essencialmente frugívoros, e as espécies maiores precisam consumir folhas; os colobídeos são folívoros comedores de semente, enquanto os cercopithecídeos são frugívoro-folívoros.

**Palavras chave:** anatomia digestiva, biologia alimentar, dieta, folivoria, frugivoria.

### ABSTRACT

Primates are unspecialised in their diets, relative to other mammals, which are specialised anatomically and physiologically to eat either animal matter or foliage. Primates have simple guts, dominated by stomach (Colobidae) or caecum and colon (Strepsirhini, *Alouatta*, Pongidae). Neotropical primates, despite their variable body size, conform to the frugivorous adaptations of primates. The smaller taxa supplement fruit with animal matter and/or exudates (Callitrichinae, Cebinae), while the larger ones eat seeds (Pitheciinae) or leaves (Atelinae), if not focussing almost exclusively on fruit pulp (*Ateles*, Aotinae). Methods of quantifying diet and gut

structure are described, emphasising the versatility of ceboids, which are exclusively forest dwellers. Gut and dental anatomy correspond closely to dietary proportions of animal matter, fruit and foliage. Because of differences in body size, ceboids have more variable diets, based on fruit, than Old World primates. Apes are essentially frugivores, which have to eat foliage if large; colobids are seed-eating folivores, whereas cercopithecids are (foli-)frugivores.

**Key words:** diet, feeding biology, folivory, frugivory, gut anatomy.

## INTRODUCTION

Diets have traditionally been classified as: carnivore/insectivore, frugivore, omnivore, herbivore, browser and grazer, and in different combinations. These categories are very unsatisfactory because (1) they are vague and imprecise, and (2) they often mix taxonomic with categories of food and/or of feeding. We need to focus on the three main types of food - animal matter, and reproductive and vegetative plant parts - namely, on faunivores, frugivores and folivores. Sub-categories should be constructed between them, allowing for the intake of plant exudates, flowers, seeds, tubers and parts of foliage (stems, buds, young and mature leaves) (Chivers & Langer, 1994).

Since it is anatomically and physiologically very difficult to process significant quantities of animal matter and fruit and leaves, the category of "omnivore" can rarely occur; animals that have so been identified are usually fauni-frugivores or foli-frugivores, i.e. they can usually only combine two of the three main dietary categories (Chivers & Hladik, 1980). A sound quantitative base in feeding studies - food intake and processing - is essential for clear and objective results.

## DIETS

Primates have mostly avoided the dietary specialisations of other mammals, which are either animal-eating specialists (e.g. Insectivora, Pholidota, Carnivora, Cetacea) or leaf-eating specialists (e.g. Rodentia, Lagomorpha, Perissodactyla, Artiodactyla, Sirenia). Marsupials show the same dichotomy of dietary strategy as placental mammals, except that the "gap" between faunivores and folivores in the latter is filled by some bears, pigs, bats and most of the primates - the frugivores (Figure 1). Primates show more variation through the year in dietary proportions (Figure 2). The larger primates will supplement the fruit more with leaves, the small ones with animal matter, for anatomical and physiological reasons. There is a negative correlation between body size and proportions of animal matter, and a positive one with fruit and foliage in the diet. The correlations are even closer between biomass density and diet (Hladik & Chivers, 1978; Chivers & Hladik, 1980; Chivers, 1991).



Food intake is assessed either in terms of time spent eating different foods or in terms of weight of each food type (Davies *et al.*, 1984; Chivers, 1992). The former is much easier to record, and relates ecologically to activity budgets, the latter is very difficult to observe, but is central to metabolic/digestive processes. Feeding is about maximising the intake of primary nutrients - carbohydrates (sugars), protein (amino acids) and fat (lipids), vitamins and minerals - and minimising the intake of fibre and secondary compounds - toxins (e.g. alkaloids) and digestion inhibitors (e.g. phenolic compounds such as tannins) (McKey *et al.*, 1978; Davies *et al.*, 1988; Vellayan, 1981).

Hladik *et al.* (1971) pioneered the analysis of primate foods on Barro Colorado Island (Smithsonian Tropical Research Institute), Panama Canal Zone, and then in Sri Lanka (Hladik, 1977), calculating the proportions of primary nutrients. These showed the importance of sugars, and adequate protein and fats, and how cellulose was avoided, especially by the smaller species; seeds are the main source of lipids.

Feeding time over-estimates the intake by weight of leaves and animal matter, and under-estimates the intake by weight of fruit (Hladik & Hladik, 1969; Hladik *et al.*, 1971; Chivers, 1998).

Strepsirhine primates have very variable diets - ancestrally faunivorous, they have recently radiated into all niches in isolation, mainly on Madagascar, where you find leaf- and gum-eating specialists. Even on mainland Africa and Asia, frugivorous forms, and gum-eaters, have evolved alongside faunivores. Haplorhine primates must have escaped from faunivory by increasing in body size and including fruit in their diet. The hominoids became the fruit-eating specialists, the large apes having to include a large leaf supplement. Among the Old World monkeys, the opportunistic cercopithecids are also clearly frugivores, whereas the colobids have become leaf- and/or seed-eating specialists. Ceboids are striking in having radiated within the forest, into a great variety of niches with a marked spread of body sizes and diets (Chivers, 1992, 1998).

New World monkeys, Ceboidea, as haplorhine primates, must have evolved from an ancestor the size of a capuchin monkey, so that they could consume fruit as well as animal matter. This challenges the traditional view that the ancestral ceboid was small and insectivorous, like the callitrichines (Hershkovitz, 1977). They subsequently diverged into the larger Atelidae, the larger fruit- (atelines) or seed-eating (pitheciine) specialists, with increasing amounts of foliage supplement (*Alouatta* and *Lagothrix*), and the Cebidae, with decreasing body size and increasing amounts of exudates (*Callithrix*) or animal matter (*Saguinus*, cebines) in addition to fruit (Rosenberger, 1981; Ford, 1986)(Table 1). Even the smallest ceboids eat fruit for more than 60% of their feeding time. *Aotus*, the night monkey, and *Callicebus*, the titi monkeys, along with *Cebus*, the capuchins, perhaps have changed least from the ancestral ceboid - callitrichines and atelines the most. Ceboids exhibit a dramatic range of positional behaviours, from the small, scurrying short-limbed callitrichines (0.3kg), through the quadrupedal cebines and aotines, to the climbing pitheciines (3kg) and the suspensory and acrobatic atelines (6-8kg) with long limbs and a

prehensile tail). Since all species are almost exclusively arboreal, it is in these ways that forest niches have been partitioned to allow a high degree of sympatry between species (Ripley, 1979; Chivers, 1998).

Although New World monkeys vary greatly in body size, and hence in dietary details, they all have fruit as the staple (Table 1). Smaller ceboids eat more animal matter, larger ones eat more leaves, as in all other primate groups. The smallest ceboids (callitrichines, callimiconines) are fauni-frugivores, with exudates a key component in *Callithrix* and *Callimico* (especially *C. penicillata*), compared to *Saguinus* and *Leontopithecus* (e.g. Mittermeier & van Roosmalen, 1981; Rylands, 1982; Peres, 1993; Martins, 1998; Oliveira & Ferrari 2000). The medium-sized forms are (fauni-) frugivores (cebines, aotines, and callicebines), with the cebines, *Saimiri* and *Cebus* more obviously eating significant amounts of animal matter (e.g. Stevenson *et al.*, 2000). The pitheciines (*Pithecia*, *Cacajao* and *Chiropotes*) are seed-eating frugivores, overcoming the mechanical protection of hard shells (e.g. Ayres, 1989). The largest forms, the atelines, are frugivores (*Ateles*) or foli-frugivores (*Lagothrix*, *Brachyteles* and, especially, *Alouatta*) (e.g. Estrada, 1984; Gaulin & Gaulin, 1982; Klein & Klein, 1977; Milton, 1980; Julliot & Sabatier, 1993; Chiarello, 1994; Limeira, 1997; Silver *et al.*, 1998; Stevenson *et al.*, 2000, Strier, 1991). *Brachyteles*, in particular, consumes many leaves (51% diet), as does *Pithecia*. Recent studies have shown variable the proportion of fruit and leaves can be in *Alouatta*; fruit seem to be preferred when available (Julliot & Sabatier, 1993; Chiarello 1994).

Hence, the traditional classification into two families, Callitrichidae and Cebidae, is clearly wrong. As Rosenberger (1981) and Ford (1986) have shown independently, the ceboids only make sense in having evolved from a medium-sized fauni-frugivore (or possibly, a frugi-faunivore), and radiating in two directions - to the smaller fauni-frugivores and to the larger (foli-) frugivores, with less divergent forms in between.

Finally, the relationship between body size and amounts of animals, fruit and leaves in the diet can be shown as consistent across the primates (Figure 3). The variability in strepsirhine and ceboid diets is conspicuous, in contrast to the frugivorous hominoids and cercopithecids, and the folivorous colobids (Figure 4).

## TEETH

The anterior dentition - incisors and canines - are not as exclusively concerned with food processing as the posterior ones - pre-molars and molars. Hence correlations with diet are closer for the latter (Kay, 1975; Kinzey, 1978). While food poses chemical problems of digestion in the gastro-intestinal tract, in the mouth, mastication is based on mechanics. Tooth structure relates more to the physical properties of the food, e.g. strength, toughness, deformability, strain at fracture, than to whether it is animal matter, fruit or foliage (Lucas, 1984).

The dentition of frugivores contrast with those of faunivores and folivores, in having large, broad incisors for biting into fruit, and large canines for gouging large fruit, and relatively small, rounded, low-cusped premolars and molars for grinding fruit, in a pestle-and-mortar fashion. Leaves and foliage require small, cutting incisors and large cheek teeth with enlarged cusps and crests for the multiple cutting of chitin and leaves, which do not fracture easily (Kay, 1975; Lucas & Luke, 1984). Ceboid teeth correlate well with diet. The large frugivores have broad, often procumbent incisors, and large canines for opening fruits: Pitheciines have massive procumbent incisors and large canines set to split open the hard seed cases common in their diet. The "dental comb" for gum-eating in marmosets contrasts with the large canines and smaller incisors for trapping insects in Tamarins.

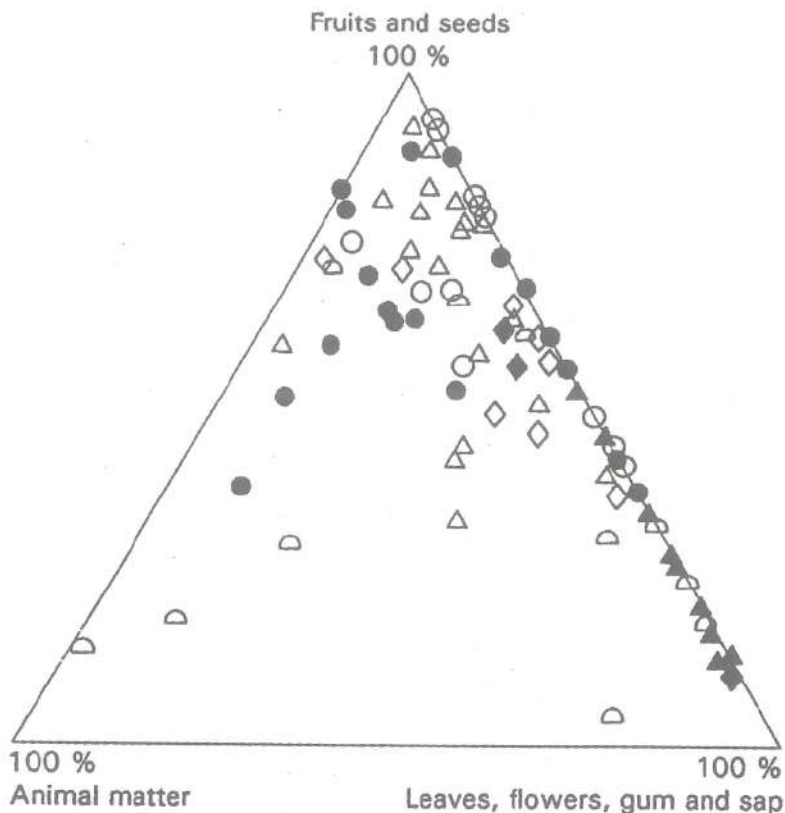


Figure 1. Diets of primates, in terms of proportions of fruit (and seeds), leaves, flowers and exudates, and animal matter (from Chivers, 1992) (Closed circles represent ceboids for which gut data are available).

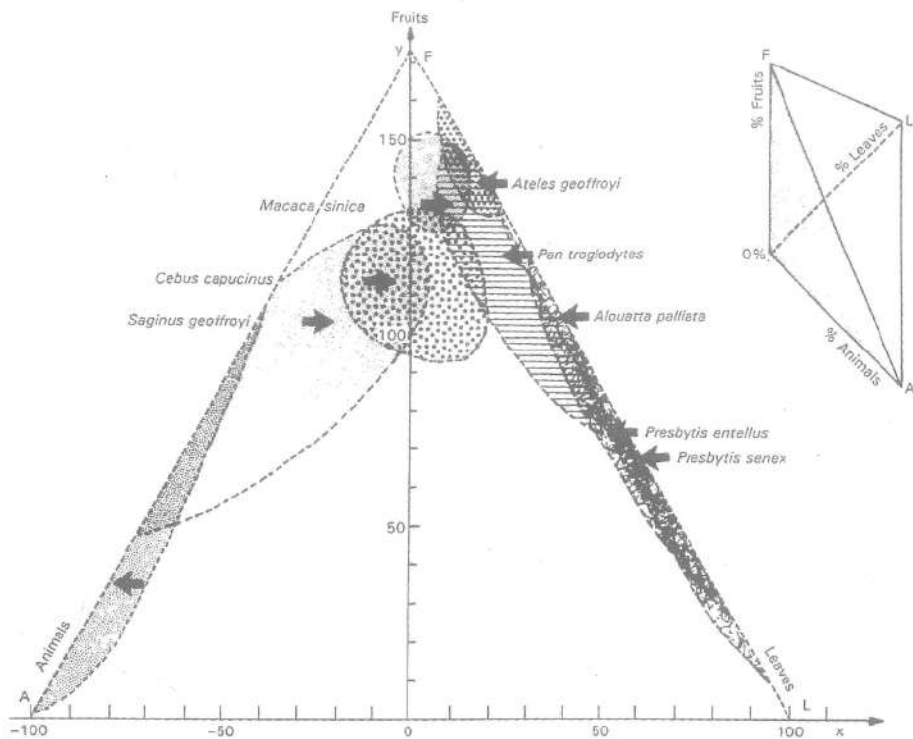


Figure 2. Plots of annual diets (from monthly means) and extent of annual variation for nine primate species in Panama, Sri Lanka and Gabon, indicating calculation dietary of a dietary index, from -100 (100% faunivory), through 0 (peak of frugivory) to +100 (100% folivory)(Chivers & Hladik, 1980).

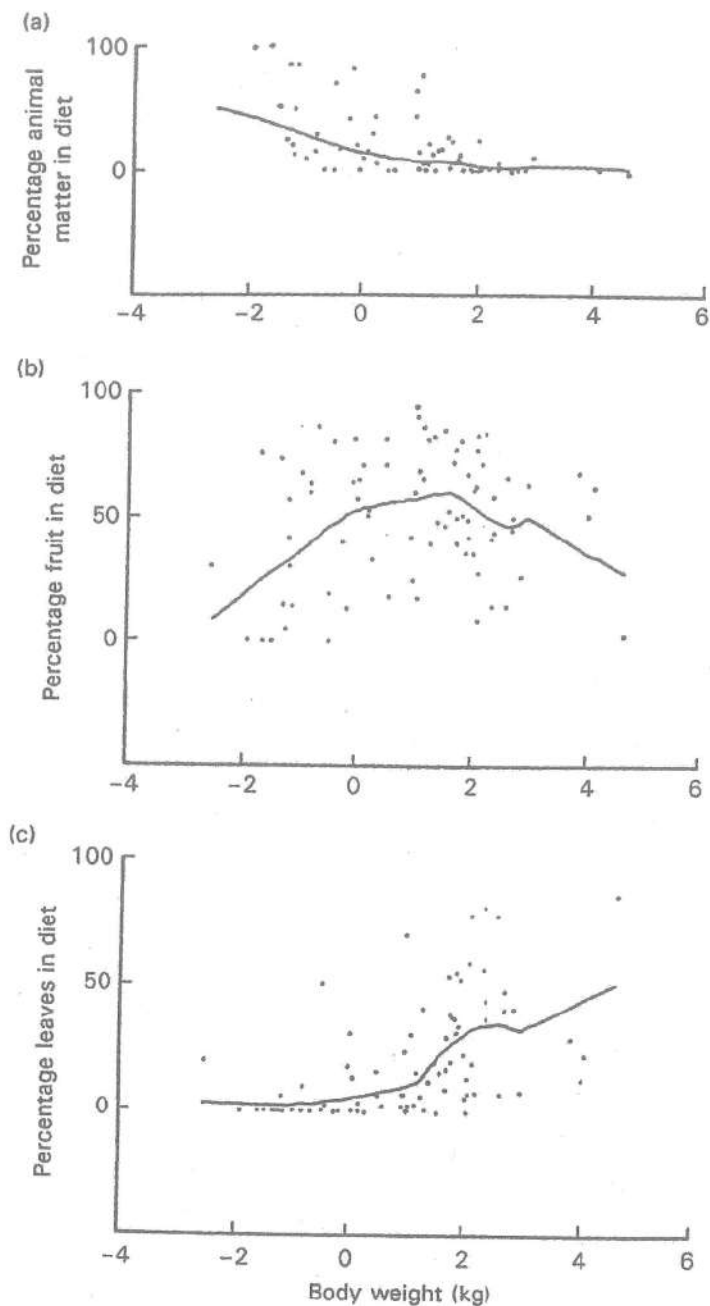


Figure 3. Body size (log body weight) in primates and percentage of (a) animal matter, (b) fruit and (c) leaves in their diets (prepared by J.M.C. Ayres).

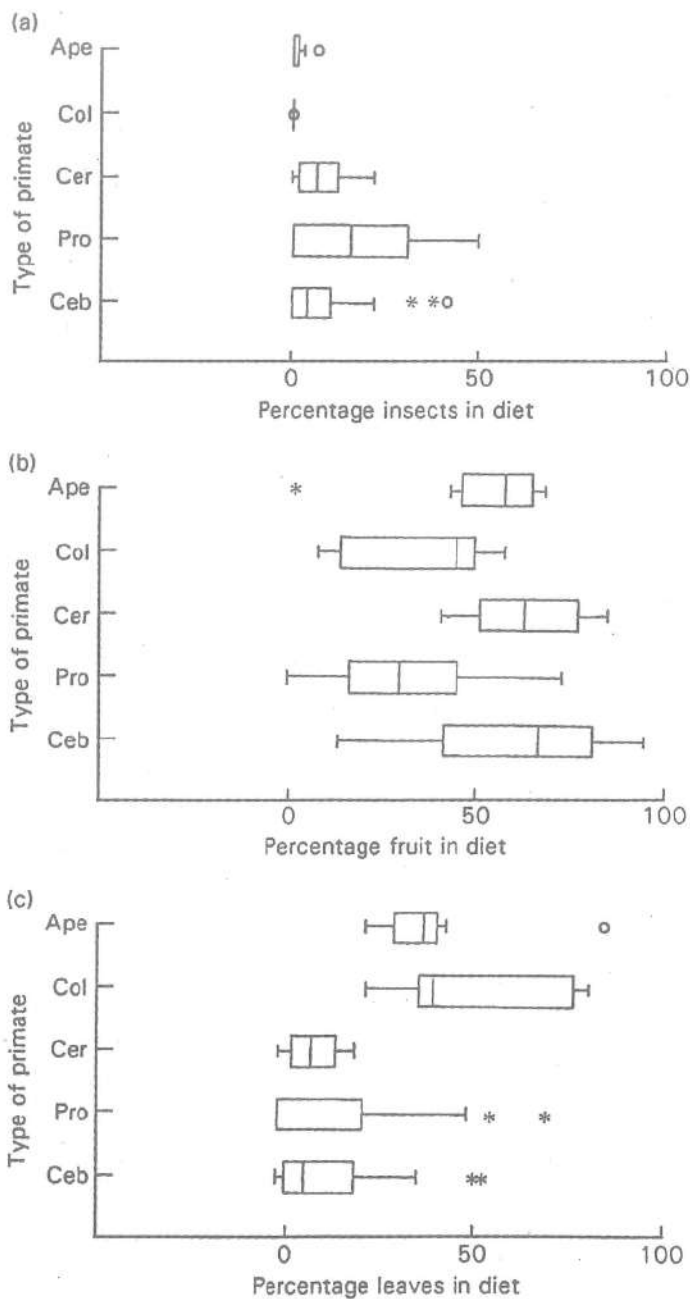


Figure 4. Proportions of (a) animal matter, (b) fruit and (c) leaves in the diets of apes, colobids, cercopithecids, prosimians (strepsirhines) and ceboidea (prepared by J.M.C. Ayres). apes, colobids (COL), Cercopithecids (CER), Strepsirhines (PRO), ceboidea (NWM).

Table 1. Diets of ceboid primates.

Species	% feeding observations						
	Leaves	Flowers	Fruits	Seeds	Animals	Exudates	Others
<i>Callithrix humeralifer</i>	0	8	68	0	10	14	0
<i>Calithrix penicillata</i>	0	1	57	0	14	28	0
<i>Leontopithecus rosalia</i>	0	10	68	0	14	8	0
<i>Saguinus geoffroyi</i>	10	0	60	0	30	0	0
<i>Saguinus fuscicollis</i>	0	6	74	0	6	14	0
<i>Saguinus midas niger</i>	0	0	88	0	9	3	0
<i>Saguinus mystax</i>	0	13	67	0	15	5	0
<i>Saimiri oerstedii</i>	2	0	60	20	18	0	0
<i>Saimiri sciureus</i>	0	0	66	17	17	0	0
<i>Saimiri vanzolini</i>	0	8	40	12	40	0	0
<i>Cebus apella</i>	2	8	65	5	20	0	0
<i>Cebus apella</i>	10	4	33	8	43	0	2
<i>Cebus capucinus</i>	15	0	60	5	20	0	0
<i>Aotus trivirgatus</i>	5	11	64	0	20	0	0
<i>Callicebus moloch</i>	26	1	72	0	1	0	0
<i>Callicebus torquatus</i>	13	0	58	9	14	0	0
<i>Pithecia albicans</i>	31	0	50	19	0	0	0
<i>Pithecia pithecia</i>	0	7	47	46	0	0	0
<i>Cacajao calvus</i>	0	6	18	67	5	0	0
<i>Cacajao melanocephalus</i>	0	5	20	70	5	0	0
<i>Chiropotes albinasus</i>	0	3	54	36	0	0	0
<i>Chiropotes satanas</i>	0	11	9	63	0	0	0
<i>Alouatta fusca</i>	72	10	12	0	0	0	0
<i>Alouatta fusca</i>	76	12	5	0	0	0	0
<i>Alouatta palliata</i>	50	6	44	0	0	0	0
<i>Alouatta pigra</i>	45	11	41	0	0	0	3
<i>Alouatta seniculus</i>	52	5	43	0	0	0	0
<i>Alouatta seniculus</i>	57	13	26	0	0	0	2
<i>Alouatta seniculus</i>	51	4	39	4	0	0	2
<i>Ateles belzebuth</i>	16	1	83	0	0	0	0
<i>Ateles belzebuth</i>	12	5	72	2	0	0	9
<i>Ateles geoffroyi</i>	20	0	79	0	1	0	0
<i>Ateles paniscus</i>	6	4	84	5	0	1	0
<i>Brachyteles arachnoides</i>	51	11	32*	0	0	0	6
<i>Lagothrix lagotricha</i>	16	1	55	5	22	0	1

From Ayres (1989), Chiarello (1994), Estrada (1984), Gaulin & Gaulin (1982), Hladik & Hladik (1969), A.D. Johns (pers. comm.), Julliot & Sabatier 1993, Kinzey (1978), Klein & Klein (1977), Limeira 1997, Milton (1980), Mittermeier & van Roosmalen (1981), Oliveira & Ferrari 2000, Peres (1993), Rylands (1982), Silver *et al.*, 1998, Stevenson *et al.*, 2000, Strier 1991.

\* includes fruit and seeds.

## GUTS

Animal matter is the most nutritious of foods and the easiest to digest, which is important since smaller faunivorous mammals have greater metabolic needs than large ones, relative to body weight. Their gastro-intestinal tracts are relatively short, dominated by small intestine, with small stomach and large intestine (caecum - often vestigial or absent - and colon). Folivores have the largest guts, dominated by a compound stomach and/or enlarged caecum and colon, for the microbial fermentation of cellulose. Volume (for fermentation) correlates with body size, surface area (for absorption) with 0.75 power of body size (metabolic body size) (Chivers & Hladik, 1980; Chivers & Langer, 1994).

Frugivores have guts of intermediate dimensions, more or less voluminous according to whether there is more or less foliage in the diet. Fermentation in the caecum and colon (end of mid-gut not hind-gut) is based on the principle of expanding a tube. The disadvantage for digestion of being near the end of the gut is more than offset by (1) surface area correlating with area, however much the volume is increased and (2) the ease of altering passage rate according to the state of the digesta. Fore-stomach fermentation is based on the principle of expanding a sac, which provides more volume, but relatively less area for absorption with increasing size (hence devices for increasing surface area within the sac, e.g. papillae, and sacculations to reduce the spherical shape). Being near the start of the tract means that absorption is more efficient - digested bacteria and their metabolites, as well as fermentation products, can be absorbed, but it is more difficult to alter passage rate through a sac. Projection of the deviations of size of stomach, small and large intestines from the expected 0.75 slope (Kleibers Law) for each species in multi-dimensional space, displays a morphological spectrum, which correlates closely with diet (Figure 5; MacLarnon *et al.*, 1986). There is a central core of frugivores, and an arm of caeco-colic fermenters (where some strepsirhines, some ceboids and great apes converge on the specialist horse), and an arm of fore-stomach fermenters (with the colobid monkeys converging on the ruminants). The third arm represents the faunivores, with stomach and/or caecum and colon smaller than expected.

## CONCLUSIONS

Multi-disciplinary analysis, in terms of ecology, botany, behaviour, anatomy, physiology and biochemistry, is essential to tease out the details of feeding - (1) food nature and quality (and effect of environment, e.g. climate and plant cycles), and (2) its availability in time and space (patterns of social grouping and ranging behaviour, feeding behaviour and patterns), (3) mechanisms of preparing, ingesting and masticating food, and (4) digestive processes in relation to anatomy and metabolism.

A wide spectrum of feeding in wild primates has been surveyed, from the parts



of plants (and animals) eaten, in terms of time and weight, to the nutritional contents - primary and secondary compounds, minerals and energy. Treatment has been patchy, partly because of time constraints and the nature and quantity of data available.. Detailed study of nutrients from field collections are not always balanced by the required details of feeding behaviour, and they are not always carried out in the same way, so that comparisons between studies are difficult. Some studies focus on primary compounds, others on secondary ones, and still others on energetic (calorific) calculations.

Observational problems, in tropical forest in particular, impede comprehensive quantification of diets, even in terms of feeding time. Collection of weight data is even more problematic, but as data accumulate, so we can extrapolate from time to weight, at least in certain areas and for certain food types. Not much has been said about figs (*Ficus* spp.), which are a key component of many primate diets, because of their abundance and year-round availability (Milton, 1980; Leighton & Leighton, 1983; Terborgh, 1986). The wasps they contain provide some animal protein, even though the receptacle is fibrous and less digestible, but the pulp is high in sugars and protein. The family Leguminosae is also a major source of food for folivorous as well as frugivorous, primates, and population biomass density correlates positively with their abundance in the forest (Marsh & Wilson, 1981).

This analysis of food intake by primates has been set against the radiation of our closest relatives into a wide variety of habitats and niches, a success story based on their lack of specialisations characteristic of most other mammalian orders, on their flexibility/adaptability to different environments. Thus, appreciation of the structure and composition of these habitats is crucial, as is an understanding of their anatomy - limbs for procuring food, teeth for mastication and guts for digestion. No primate is omnivorous, in the original sense of the term, since guts, in particular, cannot deal with significant amounts of foliage and animal matter. Most "omnivores" are, in fact, frugivores - or fauni- or foli-frugivores. Only humans (thanks to food processing and cookery) and some versatile primate populations (baboons and chimpanzees) can cope with a truly mixed diet.

Dental anatomy is crucial for understanding how different foods may be broken up for digestion. Key features of the gastro-intestinal tract relevant to this discussion, are the size of different compartments - surface area for absorption, volumes for fermentation, weight for muscular activity - and passage (retention) time, for which limited data are available in primates, but which is central to the processing of differing Foods. Flowers are grouped with leaves in some analyses, since they pose similar digestive problems to guts. Some guts can deal with the more fibrous foods, others have to pass them through more rapidly - the distinction between differences in passage time between particles (the solid fraction) and fluids are of paramount importance (see Chivers & Langer, 1994).

As data accumulate, so we are able to understand this diversity. In particular,

progress is being made, despite the difficulties, in quantifying primate diets and their selectivity in terms of nutrients and energetics. Much has been done, but much remains to be done, especially at the physiological and biochemical end of this spectrum of biological, multi-disciplinary endeavour. We must hope that the gaps can be filled, understanding completed, while the amazing diversity of primates exists. The great range of body size and shape in the arboreal ceboids, provides key opportunities to answer such questions.

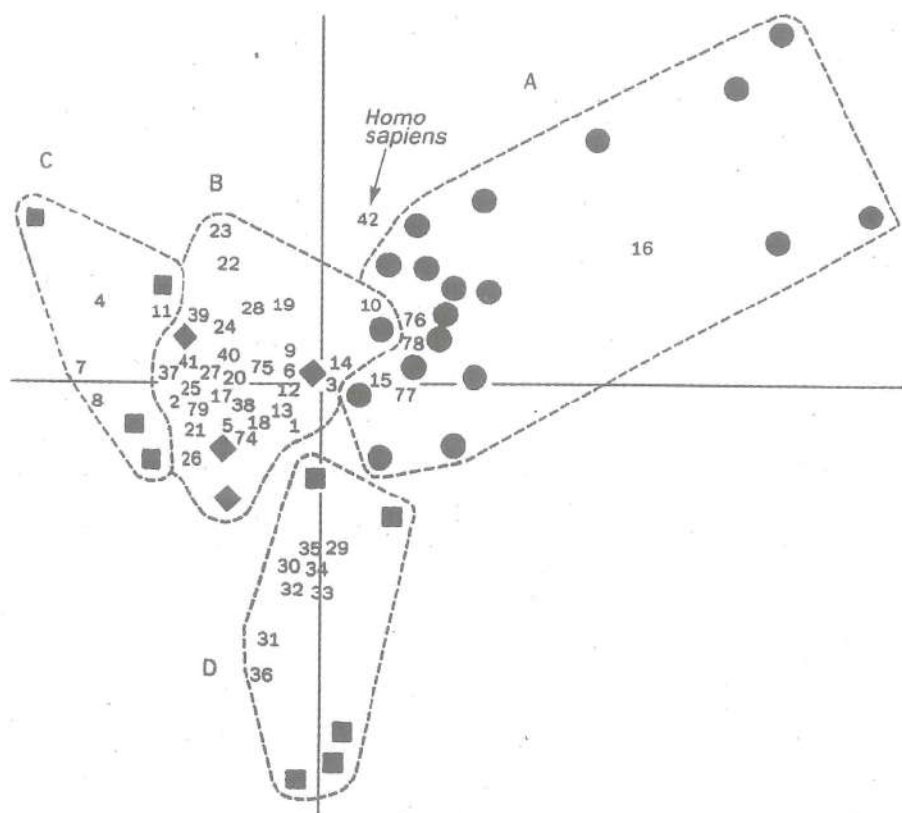


Figure 5. Multi-dimensional scaling of gut compartments (stomach, small intestines, caecum and colon) in 80 mammalian species, showing the radiation of morphology from a more generalised frugivorous gut (B), from the specialised faunivorous gut (dominated by small intestine, A), to folivorous guts dominated by caecum and colon (C), or by a sacculated stomach (D) (from MacLarnon *et al.*, 1986).

## ACKNOWLEDGEMENTS

DJC is very grateful for the opportunity to attend the IXth Brazilian Congress of Primatology in July 1999, and indebted to Adriano Chiarello and Sergio Mendes (on behalf of the Organising Committee) for inviting him, assisting with all his arrangements and procuring funds from CAPES to allow him to visit Brasil again. DJC is very grateful to Marcio Ayres for his help in the ceboid data analysis. The Isaac Newton Trust, Trinity College, Cambridge, currently provides an annual grant to the Wildlife Research Group to assist with running costs. Selwyn College assists with DJC's research expenses.

## REFERENCES

- AYRES, J.M. 1989. Comparative feeding ecology of the uakari and bearded saki, Cacajao and Chiropotes. *J. Human Evol.* 18: 697-716.
- CHIARELLO, A.G. 1994. Diet of the brown howler monkey *Alouatta fusca* in a semi-deciduous forest fragment of southeastern Brazil. *Primates* 35: 25-34.
- CHIVERS, D.J. 1991. Species differences in tolerance to environmental change. In *Primate Responses to Environmental Change*, pp. 1-37. [H.O. Box, editor]. London: Chapman & Hall.
- CHIVERS, D.J. 1992. Diets and guts. In *The Cambridge Encyclopaedia of Human Evolution*, pp.60-62. [S. Jones, R. Martin & D. Pilbeam, editors]. Cambridge: Cambridge University Press.
- CHIVERS, D.J. 1998. Measuring food intake in wild animals: primates. *Proceedings of the Nutrition Society* 57, 321-333.
- CHIVERS, D.J. & HLADIK, C.M. 1980. Morphology of the gastro-intestinal tract and primates: comparisons with other mammals. *J. Morphol.* 166: 337- 386.
- CHIVERS, D.J. & LANGER, M. 1994. *The Digestive System in Mammals: Food, Form and Function*. Cambridge: Cambridge University Press.
- DAVIES, A.G, BENNETT, E.L. & WATERMAN, P.G. 1988. Food selection by two South-east Asian colobine monkeys (*Presbytis rubicunda* and *Presbytis melalophos*) in relation to plant chemistry. *Biol. J.Linnean Soc.* 34: 33-56
- DAVIES, A.G, CALDECOTT, J.O. & CHIVERS, D.J.. 1984. Natural foods as a guide to nutrition of Old World primates. In *Standards in Laboratory Animal Management*, pp.225-244. [J. Remfry, editor]. England: Universities Federation for Animal Welfare (UFAW).
- ESTRADA, A. 1984. Resource use by howler monkeys (*Alouatta palliata*) in the rain forest of Los Tuxtlas, Vera Cruz, Mexico. *Am. J. Primatol.*, 5: 105-131.
- FORD, S.M. 1986. Systematics of the New World monkeys. In *Comparative Primate Biology*, vol. 1. Systematics, Evolution and Anatomy, pp. 73-136. D.R. Swindler & J. Erwin, editors. New York: Alan R. Liss.
- GAULIN, S.J.C. & GAULIN, C.K. 1982. Behavioural ecology of *Alouatta seniculus* in Andean cloud forest. *Int. J. Primatol.*, 3: 1-32.

- HERSHKOVITZ, P. 1977. Living New World Monkeys (Platyrrhini) with an Introduction to Primates. Vol.1. Chicago: University of Chicago Press.
- HLADIK, C.M.. 1977. A comparative study of the feeding strategies of two sympatric species of leaf monkeys: *Presbytis senex* and *Presbytis entellus*. In Primate Ecology: Studies of Feeding and Ranging Behaviour in Lemurs, Monkeys and Apes, pp. 323-353. T.H. Clutton-Brock, editor. New York: Academic Press.
- HLADIK, C.M. & CHIVERS, D.J. 1978. Concluding discussion: ecological factors and specific behaviour patterns determining primate diet. In Recent Advances in Primatology, vol. 1, Behaviour, pp. 433-444. D.J. Chivers & J. Herbert. London: Academic Press.
- HLADIK, C.M., HLADIK, A. 1969. Rappports trophiques entre vegetation et primates dans la foret de Barro Colorado, Panama. Terre et Vie 23, 25-117.
- HLADIK, C.M., HLADIK, A., BOUSSET, J., VALDEBOUZE, P., VIROBEN, G. & DELORT-LAVAL (1971). Le regime alimentaire des primates de l'ile de Barro Colorado (Panama). Resultats des analyses quantitatives. Folia primatologica 16, 85-122.
- JULLIOT, C. AND D. SABATIER. 1993. Diet of the red howler monkey (*Alouatta seniculus*) in French Guiana. Int. J. Primatol. 14, 527-550.
- KAY, R.F. 1975. The functional adaptation of primate molar teeth. Am. J. Phys. Anthropol. 43: 195-216.
- KINZEY, W.. 1978. Feeding behaviour and molar features in two species of titi monkey. In Recent Advances in Primatology, vol. 1, Behaviour, pp. 373-385. D.J. Chivers & J. Herbert, editors. London: Academic Press.
- KLEIN, L.L. & KLEIN, D.J.. 1977. Feeding behaviour of the Colombian spider monkey. In Primate Ecology, pp. 153-181. T.H. Clutton-Brock, editor. London: Academic Press.
- LEIGHTON M. AND D.R. LEIGHTON. 1983. Vertebrate responses to fruiting seasonality within a Bornean rain forest. In: S.L. Sutton, T.C. Witmore and A.C. Chadwick (eds.). Tropical Rain Forest: Ecology and Management. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 181-196.
- LIMEIRA, V.L.A.G. 1997. Behavioral ecology of *Alouatta fusca clamitans* in a degraded Atlantic Forest fragment in Rio de Janeiro. Neot. Primates, 5: 116-117.
- LUCAS, P.W. & LUKE, D.A. 1984. Chewing it over: basic principles of food breakdown. In Food Acquisition and Processing in Primates, 283-301. [D.J. Chivers, B.A. Wood & A. Bilsborough, editors]. New York: Plenum Press.
- MACLARNON, A.M., CHIVERS, D.J. & MARTIN, R.D. 1986. Gastro-intestinal allometry in primates and other mammals including new species. In Primate Ecology and Conservation, pp.75-85. J.G. Else & P.C. Lee, editors. Cambridge: Cambridge University Press.
- MCKEY, D., WATERMAN, P.G., MBI, C.N., GARTLAN, J.S. & STRUHSAKER, T.T. 1978. Phenolic content of vegetation in two African rain forests: ecological implications. Science, 202: 61-64.
- MILTON, K. 1980. The Foraging Strategy of Howler Monkey. New York: Columbia University Press.
- MITTERMEIER, R.A. & VAN ROOSMALEN, M. 1981. Preliminary observations on habitat utilization and diet in eight Surinam monkeys. Folia Primatol., 36: 1-39.

- OLIVEIRA, A.C.M. & S.F. FERRARI. 2000. Seed dispersal by black-handed tamarins, *Saguinus midas niger* (Callitrichinae, Primates): implications for the regeneration of degraded forest habitats in eastern Amazonia. *J. Trop. Ecol.*, 16: 709-716.
- PERES, C.A. 1993. Diet and feeding ecology of saddle-back (*Saguinus fuscicollis*) and moustached (*S. mystax*) tamarins in an Amazonian terra firme forest. *J. Zool.*, London, 230: 567-592.
- RIPLEY, S. 1979. Environmental grain, niche diversification and feeding behaviour in primates. In *Food Acquisition and Processing in Primates*, pp.33-72. D.J. Chivers, B.A. Wood & A. Bilsborough, editors. London: Plenum Press.
- ROSENBERGER, A.L. 1981. Systematics: the higher taxa. In *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*, pp. 9-27. A.F. Coimbra-Filho & R.A. Mittermeier, editors. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences.
- RYLANDS, A. 1982. The behaviour and ecology of three species of marmosets and tamarins (Callitrichidae, Primates) in Brazil. Unpubl. Ph.D. thesis, University of Cambridge.
- SILVER, S.C., L.E.T. OSTRO, C.P. YEAGER, AND R. HORWICH. 1998. Feeding ecology of the black howler monkey (*Alouatta pigra*) in northern Belize. *Am. J. Primatol.*, 45: 263-279.
- STEVENSON, P.R., M.J. QUIÑONES AND J.A. AHUMADA. 2000. Influence of fruit availability on ecological overlap among four neotropical primates at Tinigua National Park, Colombia. *Biotropica*, 32: 533-544.
- STRIER, K. 1991. Diet in one group of woolly spider monkeys or muriquis, *Brachyteles arachnoids*. *Amer. J. Prim.* 23: 113-126.
- TERBORGH, J. 1986. Keystone plant resources in the tropical forest. In: M.E. Soulé (ed.), *Conservation Biology, The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Assoc Inc, pp. 330-344.
- VELLAYAN, S. 1981. Chemical composition and digestibility of natural and domestic food of the lar gibbon (*Hylobates lar*) in Malaysia. Unpubl. M.Sc. thesis, University Pertanian Malaysia.



## REPRODUCTIVE STRATEGIES OF NEW WORLD PRIMATES: INTERBIRTH INTERVALS AND REPRODUCTIVE RATES\*

KAREN B. STRIER

Department of Anthropology, University of Wisconsin-Madison. 1180  
Observatory Drive Madison, Wisconsin 53706 USA. kbstrier@facstaff.wisc.edu

### RESUMO

**Estratégias reprodutivas dos primatas do Novo Mundo: intervalos entre nascimentos e taxas reprodutivas.** Comparados a outros primatas, os primatas do Novo Mundo, ou platirrinos, são únicos em sua amplitude de estratégias reprodutivas. Muita dessa variação nas estratégias reprodutivas dos primatas do Novo Mundo pode ser atribuída aos diferentes níveis de investimento maternal, que representam trade-offs entre restrições energéticas e de história de vida e fatores demográficos locais, que levam a diferentes mortalidades de infantes. Dados demográficos de longo prazo de nosso grupo de estudo de *Brachyteles* na Estação Biológica de Caratinga, Minas Gerais, foram examinados com o objetivo de revelar de que maneira a idade dos infantes, a estratégia de investimento maternal e a sazonalidade interagem de modo a afetar o intervalo entre nascimentos após a mortalidade de infantes. Os intervalos entre nascimentos após a morte de quatro infantes foram menores do que quando os infantes sobreviveram ao período de amamentação. A idade do infante ao morrer e o seu efeito na condição maternal parecem afetar lactation-to-cycling delays, enquanto a estação em que os infantes morreram afeta a variação do cycling-to-conceptions delays. Embora o tamanho da amostra seja pequeno, os padrões sugerem que uma amamentação prolongada (delayed weaning) pode aumentar a probabilidade da sobrevivência de infantes, bem como a habilidade das mães em recuperar suas perdas reprodutivas no caso de mortalidade prematura de infante.

**Palavras-chave:** Estratégias reprodutivas, história de vida, intervalo entre nascimentos, mortalidade de infantes, Platyrrhini, taxas reprodutivas.

### ABSTRACT

Compared to other primates, the New World monkeys, or platyrrhines, are unique in their extraordinary range of reproductive strategies. Much of this variation in the reproductive strategies of New World monkeys can be attributed to differences in levels of maternal investment, which represent trade-offs between energetic and

\*This paper elaborates on a segment of my presentation at the IX Congresso Brasileiro de Primatologia, held 25-30 July 1999 at the Museu de Biologia Prof. Mello Leitão, Santa Teresa, Espirito Santo. Other segments of the

life history constraints and local demographic factors that lead to differential infant mortality. Longterm demographic and reproductive data from our study group of *Brachyteles* at the Estação Biológica de Caratinga, Minas Gerais, are examined to gain insights into the ways in which infant age, maternal investment strategies, and seasonality interact to affect interbirth intervals following infant mortalities. Interbirth intervals following four infant deaths were shorter than those when infants survived to weaning. Infant age at death and its effect on maternal condition appeared to affect lactation-to-cycling delays, while the season in which infants died accounted for the variation in cycling-to-conception delays. Although the sample size is small, the patterns suggest that delayed weaning may increase the probability of infant survival as well as the ability of mothers to recoup their reproductive losses in the event of premature infant mortality.

**Key words:** Platyrrhines, reproductive strategies, reproductive rates, life histories, interbirth intervals, infant mortality

## INTRODUCTION

Platyrrhine reproductive strategies, like those of other primates, are the products of compromises among life histories, ecological conditions, and social and demographic factors. Life histories set the upper limits on reproductive rates and the lower limits on rates of development, and interact with ecological, social, and demographic variables in a variety of ways (Ross, 1991). For example, the age at which females begin to reproduce has been associated with whether or not females disperse from their natal groups (*Alouatta*: Crockett & Pope, 1993; *Brachyteles*: Strier & Ziegler, 2000), as well as relative brain size (*Cebus capucinus*: Fedigan & Rose, 1995), and the degree to which social or pheromonal cues from other group members inhibit ovulation (*Callithrix*: Abbott et al., 1993; *Saguinus*: Ziegler, 1987). Similarly, long interbirth intervals, which result in a slower rate of reproduction than short interbirth intervals, affect levels of competition among males by limiting the number of potential females available as mates at any particular time (Mitani, et al., 1996). The degree to which reproduction is seasonally constrained also affects whether males can alter female reproductive rates through their behavior toward infants (Strier, 1996a).

Reproductive rates are determined by a combination of female ages at first reproduction, longevity, and interbirth intervals. The interval between female age at first reproduction and lifespan determines the maximum amount of time available for reproduction, or a female's reproductive lifespan. Interbirth intervals, by contrast, determine the maximum number of surviving offspring a female can produce in her reproductive lifespan.

As outlined by Fedigan & Rose (1995), interbirth intervals can be divided into prenatal and postnatal components, which usually correspond to levels of pre- and postnatal investment by mothers. Both weaning and infant mortalities prior to



weaning release mothers from the postpartum amenorrhea induced by lactation. Consequently, interbirth intervals following infant deaths are shorter than those when infants survive to weaning age (*Alouatta seniculus*: Crockett & Sekulic, 1984; *Alouatta palliata*, *Ateles geoffroy*, and *Cebus capucinus*: Fedigan & Rose, 1995). However, the degree to which infant mortality reduces interbirth intervals can be mediated by a number of factors including the age of infants at the time of death relative to weaning age, maternal condition at the time, and reproductive seasonality. Specifically, because the effects of postpartum amenorrhea are stronger during the early and peak phases of lactation than they are once the weaning process has begun, the reduction in interbirth intervals should be greater following the death of younger than older infants. Indeed, as infants approach weaning age, their deaths may have little or no effects on their mothers' next parturition.

High postnatal investment taxes maternal energetic reserves, and therefore affects maternal investment in future offspring (Trivers, 1974). Mothers that are able to sustain their energy reserves will have shorter interbirth intervals than mothers that must replenish their energy before undertaking to reproduce again. Recovering their investment can contribute to delays between weaning and subsequent conception, and thus extend the length of interbirth intervals and reduce female reproductive rates. If infants die prematurely, the recovery time mothers need before reproducing again should be shorter than when infants survive to weaning age.

Finally, seasonality in high quality food resources can restrict reproduction to optimal times of the year (Lindburg, 1987). The timing of seasonal reproduction can reflect optimal conditions either for mothers, which must meet the energetic demands of lactation, or for infants, which must find sufficient quantities of appropriate foods at weaning. Reproductive seasonality also mediates the effects of infant mortality on interbirth intervals. The effects of infant mortality on interbirth intervals should be greater for seasonal than aseasonal breeders whenever infant mortality occurs during the nonbreeding season. A seasonal breeder that loses her infant during the nonbreeding season may need to wait until the following breeding season to conceive. By contrast, when conception can occur year-round, mothers should not experience any seasonally-defined delays.

In this paper I examine the effects of infant mortalities on interbirth intervals in *Brachyteles*. *Brachyteles* is an ideal platyrrhine in which to investigate the sources of variation in female reproductive rates for at least four reasons. First, they have one of the slowest reproductive rates documented for any platyrrhine (Strier, 1999a), so the effects of infant mortality on interbirth intervals are expected to be large. Second, social influences are less likely to confound the interbirth intervals of *Brachyteles* than of other primates because *Brachyteles* mothers are solely responsible for caring for their infants and there is no evidence of rank-related priority of access to food that can affect maternal condition or infant survival

(Strier, 1990). Third, their seasonal reproductive patterns (Strier, 1996b) should affect interbirth intervals following infant mortalities in predictable ways. Finally, *Brachyteles* is one of the few platyrrhines for which both longterm demographic data from recognized individuals and data on the reproductive biology of wild subjects are available (Strier, 1999b).

## METHODS

The effects of infant mortality on interbirth intervals are examined with data on infant mortalities, interbirth intervals, and copulations compiled from one group of muriquis (*Brachyteles arachnoides hypoxanthus*) at the Estação Biológica de Caratinga, Minas Gerais (Strier, 1999b for details). Demographic events in this study group have been monitored since June 1982. The study group has grown from its initial 22 members to its current (May 2000) 64 members due to the large number of births and small number of deaths and disappearances. At the present time, emigrations by natal females (n=22) outnumber female immigrations (n=12), but the numbers of females that transferred into and out of the study group have been more comparable in the past (Strier, 1999c; Printes & Strier, 1999).

All copulations involving group members were recorded by trained observers opportunistically and during the course of systematic behavioral studies on a near-daily basis since August 1991. Reproductive activities of these *Brachyteles* show strongly seasonal patterns, with most births occurring during the annual dry season months from April-October, and most copulations occurring the annual rainy season months from November-March (Strier, 1997). However, years with atypically heavy rainfall, and presumably greater food abundance, have been associated with extended mating seasons (Strier, *et al.*, 1999) and correspondingly long birth seasons (Strier, 1996b, but see also Strier, 1999c).

The average interval between surviving births for these *Brachyteles* is  $36.6 \pm 3.9$  months (n=40 birth intervals involving 16 different females; updated from Strier, 1999c). Mothers that give birth during the peak dry season months nurse and carry their infants into the second year postpartum. In her systematic study of mother-infant interactions, Odália-Rímoli (1998) found that the process of weaning generally begins 16-18 months postpartum. Although infants may be fully weaned by the dry season of their second year of life, most mothers do not resume mating or ovulating until the onset of the subsequent rainy season (Strier & Ziegler, 1994; Strier, 1996b). Noninvasive analyses of fecal steroid levels and behavioral observations indicate that the resumption of postpartum copulations coincides with the resumption of ovarian cycling (Strier & Ziegler, 1994). Females typically experience multiple copulatory and ovulatory cycles before conceiving again, and gestation lasts 7.2 months (Strier & Ziegler, 1997).

In the present analyses, the intervals between births, deaths, delays to

resumption of postpartum cycling, and delays to conceptions are calculated in months. The postpartum resumption of sexual activity is defined as the first observed copulation, and is assumed to coincide with the resumption of ovarian cycling (Strier & Ziegler, 1994, 1997). The conception month is estimated by subtracting the 7,2-month gestation period from the birth month. The intervals between an infant's death and its mother's first subsequent copulation and conception represent the postpartum anovulatory and conception delays, respectively.

## RESULTS

A total of 10 of the 75 infants known to have been born in the study group have died (Table 1). The mothers of two of these infants died or disappeared before reproducing again. A second pair of infants died at 31 and 34 months, after their mothers' were already pregnant. Neither of their deaths, nor the death of one twin whose sister survived and was successfully weaned, would have affected their mothers' interbirth intervals. A sixth infant would have died had she not been rescued by researchers and returned to her mother (Nogueira *et al.*, 1994), who resumed caring for her and successfully weaned her.

Table 1: *Brachyteles* Infant Mortalities, June 1982-May 2000<sup>1</sup>

Infant	Sex	Birth Month	Death Month	Age at Death	Mother Reproduced Again
Sa	F	Jan-Feb 1989	Oct 1991	34-35 months	No, died
Brs	F	Jly 1996	Feb 1999	31 months	Yes
Ang	M	Aug 1988	Jne 1991	34 months	Yes
Bln	F	Jly 1992	Sep 1993	14 months	No, disappeared with infant; presumed dead
Jny	F	Oct 1996	Feb 1999	16 months	Yes
Kev	M	Jne 1994	Jly 1995	13 months	Yes <sup>2</sup>
Raq	F	Aug 1994	Sep 1995	13 months	Yes <sup>2</sup>
twin	?	May 1986 <sup>3</sup>	Jne 1987 <sup>3</sup>	13 months <sup>3</sup>	Yes, after weaning surviving twin
Pri	F	Jne 1992	Nov 1992 <sup>4</sup>	4-5 months	Yes <sup>4</sup>
Dda	M	Apr 1992	May 1992	1 month	Yes

<sup>1</sup>Adapted and updated from Strier, 1999c.

<sup>2</sup>Described in Printes *et al.*, 1996.

<sup>3</sup>Birth month was estimated based on size as of June 1986; thus age is estimated.

<sup>4</sup>Infant was rescued by researchers and returned to her mother (Nogueira *et al.*, 1994). Her mother resumed infant care and reproduced after weaning her successfully.

Of the four infants whose premature deaths could have affected their mothers' interbirth intervals, two were males and two were females. We suspect that predators were responsible for the deaths of both 13-month old infants (Printes, *et al.*, 1996). The causes of mortality for the other two infants are unknown.

Three of the four mothers whose infants died prematurely were known to have produced previous surviving infants. All four of the mothers have given birth to one ( $n=2$ ) or two ( $n=2$ ) infants after losing an infant as of May 2000.

The interval from an infant's death to its mother's first postpartum copulation varied from 6 days to 3 months (Table 2). The shortest delays between when infants died and when their mothers resumed cycling were observed after the youngest (~1 month) and oldest infants (16 months) in the sample died.

Independent of infant age, all four mothers experienced delays between the resumption of copulation and ovarian cycling and their subsequent conceptions (Table 2). Cycling-to-conception delays ranged from 1-5 months. The shortest cycling-to-conception delay (1 month) was observed in the only mother (JU) whose infant died during the annual breeding season, when conceptions following weaning of surviving infants have occurred in other years. The other three mothers, including one whose infant died during his first month of life, did not conceive again until 4-5 months after they resumed cycling. Each of these three mothers lost their infants during the dry season when over 90% of all births have occurred (Figure 1).

The interbirth intervals of mothers that lost dependent infants were significantly shorter than those of mothers whose infants survived beyond weaning (Figure 2). Birth intervals following infant deaths appear to be related to both the age infants died and the time of year when the deaths occurred. The mother with the youngest infant to die had the shortest interbirth interval (14 months). Yet, the mother with the oldest infant, which died during the rainy breeding season at 16 months of age, had a shorter interbirth interval (24 months) than either of the mothers that lost 13-month old infants during the dry birth season (26 and 28 months, respectively).

Table 2: Maternal Responses after Infant Deaths

Mother Infant	Died	First Copulation	Conception	Next Parturition
DD	May 1992	Jne 1992	Nov 1992	Jne 1993
KA	Jly 1995	Oct 1995	Mar 1996	Oct 1996
RO	Sep 1995	Nov 1995	Mar 1996	Oct 1996
JU	Feb 1999	Feb 1999	Mar 1999	Oct 1999

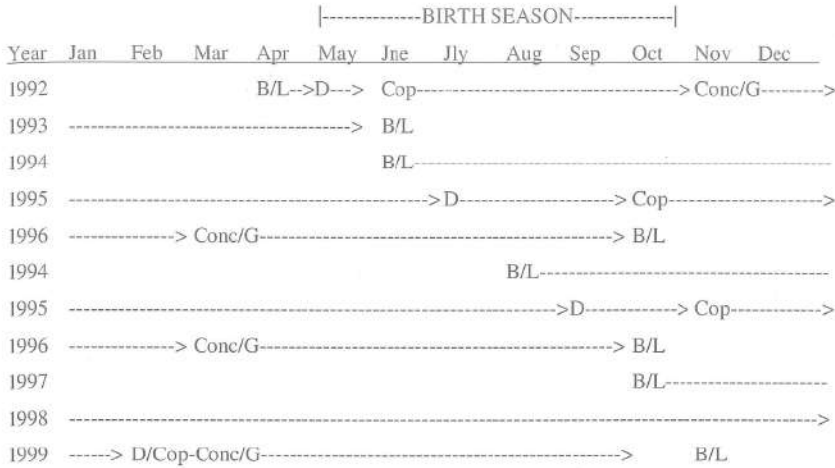


Figure 1: Seasonality in maternal responses to infant deaths. Reproductive patterns of DD, KA, RO, and JU are shown in sequence (from top to bottom). Abbreviations are as follows: B=birth of infant; L=lactation; D=death of infant; Cop=mother's first postpartum copulation; Conc=conception; G=gestation. The months of May through October accounted for 90.62% of the 58 birthdates documented in the study group from June 1982-May 2000.

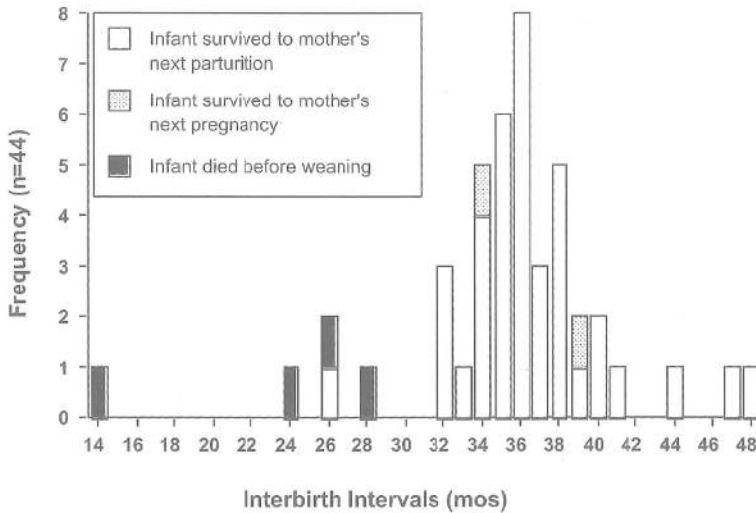


Figure 2: Frequency distribution of interbirth intervals. Four of the 44 interbirth intervals documented from June 1982-May 2000 involve infants that died prematurely. Note that the interbirth intervals following the deaths of two infants that occurred after their mothers were already pregnant fall within the range of those for surviving infants.

## DISCUSSION

Although the sample size is small, infant mortality prior to weaning significantly reduced the interbirth intervals of mothers in our study group. The degree to which infant mortality affected subsequent interbirth intervals was directly related to the time of year in which infants died. Losing an infant during the nonbreeding season resulted in delays to conception that were comparable to the 3-6 nonconceptive cycles seen in mothers that successfully weaned surviving infants (Strier & Ziegler, 1997).

The one mother whose infant died during an annual breeding season resumed copulating and conceived without a seasonal delay. Although it is tempting to attribute her rapid reproductive recovery to the effects of reproductive seasonality, it is also important to note that her infant was also older than the others when she died. At 16 months of age, it is likely that her mother had already initiated the weaning process (Odalía-Rímoli, 1998). Maternal condition, rather than time of year, could have contributed to the rapidity with which this mother resumed cycling. However, the fact that the mother with the youngest infant to die experienced a brief delay before resuming cycling, but a long delay to conception, suggests that while maternal condition may affect lactation-to-cycling delays, time of year is responsible for the variation in delays to conception.

The interaction between seasonal effects on reproduction and infant age are particularly striking when the interbirth intervals of mothers that lost their infants at 13-16 months old are compared. Contrary to expectations, the mother whose infant lived until 16 months of age had a shorter interbirth interval than either of the mothers whose infants died at 13 months. This implies that the rainy season may be the optimal timing for successful weaning not only because of the greater availability of potential weaning foods, but also because mothers whose infants die at this time may be able to recoup their reproductive losses faster than mothers who wean their infants earlier, but during the nonconceptive seasons. Because infant mortality at the "wrong" time of year imposes greater costs on seasonally breeding primates like *Brachyteles* than on aseasonally breeding primates, it is reasonable to predict that mothers might increase their postnatal investment to insure that their current infants survive even if doing so reduces their ability to invest in future offspring (Jones, 1997). Yet, if the optimal time for weaning increases the probability of both infant survivorship and maternal energy recovery, the cost of delaying weaning to future investment in offspring may be offset.

The results from this preliminary analyses must be interpreted with caution because of the very small number of infant mortalities involved, and their uneven distribution across infant ages and times of year. Nonetheless, these findings raise intriguing questions about the trade-offs that female *Brachyteles*, and perhaps other

platyrrhines, make between high postnatal investment in current infants and the consequences of these trade-offs for their reproductive rates. The availability of noninvasive methods for fecal steroid analyses now makes it possible to monitor the reproductive conditions of females in the wild, and thus determine how the postpartum resumption of cycling and conception are affected by seasonality in wild populations. When combined with systematic behavioral observations, these methods have the potential to provide new insights into the conditions under which maternal investment strategies vary. Such studies will not only help to clarify the degree to which platyrrhine reproductive rates respond to ecological, social, and demographic conditions, but also provide information on the reproductive biology of endangered and threatened platyrrhines that is critical to assessing the viability of extant populations and to developing conservation management programs on their behalf.

### ACKNOWLEDGMENTS

I am grateful to Dr. S.L. Mendes and the organizing committee for inviting and sponsoring my participation at the IX Congresso Brasileiro de Primaologia, where some of the work described in this paper was presented. Permission to conduct research at the EBC was provided by the Brazilian CNPq and the Abdalla family, with sponsorship from Drs. G. Fonseca, C. Ades, and C. Valle, and logistical support from Fundação Biodiversitas. The long-term research has received support from NSF grants BNS 8305322, BNS 8619442, and BNS 8959298, the Fulbright Foundation, grant no. 213 from the Joseph Henry Fund of NAS, Sigma Xi, the L.S.B. Leakey Foundation, the World Wildlife Fund, the Seacon Fund of the Chicago Zoological Society, the Liz Claiborne and Art Ortenberg Foundation, the Scott Neotropic Fund of the Lincoln Park Zoo, the National Geographic Society, the Margot Marsh Biodiversity Foundation, and the Graduate School of the University of Wisconsin-Madison. E. Veado, J. Gomes, F. Mendes, J. Rímoli, A.O. Rímoli, F. Neri, P. Coutinho, A. Carvalho, L. Oliveira, C. Nogueira, S. Neto, W. Teixeira, R. Printes, and M. Maciel, C. Costa, A. Oliva, L. Dib, D. Carvalho, N. Bejar, C. Coelho, L. Diaz, V. Guimarães, and W. Martin, contributed to the long-term demographic data records through May 2000.

### REFERENCES CITED

- ABBOTT, D. H., BARRETT, J., & GEORGE, L. M. 1993. Comparative aspects of the social suppression of reproduction in female marmosets and tamarins. In A. B. Rylands (Ed.). *Marmosets and Tamarins: Systematics, Ecology and Behavior*. Oxford University Press, Oxford, p. 152-163.

- CROCKETT, C. M., & POPE, T. R. 1993. Consequences of sex differences in dispersal for juvenile red howler monkeys. *In* M. E. Pereira & L. A. Fairbanks (Eds.). *Juvenile Primates: Life History, Development, and Behavior*. Oxford University Press, New York, p. 104-118.
- CROCKETT, C.M. & SEKULIC, R. 1984. Infanticide in red howler monkeys (*Alouatta seniculus*). *In* G. Hausfater & S.B. Hrdy (Eds.). *Infanticide: Comparative and Evolutionary Perspectives*. Aldine, New York, p. 173-191.
- FEDIGAN, L. M., & ROSE, L. M. 1995. Interbirth interval variation in three sympatric species of neotropical monkey. *Am. J. Primatol.*, 37:9-24.
- JONES, C. B. 1997. Life history patterns of howler monkeys in a time-varying environment. *Boletim de Primatologia Latino*, 6:1-8.
- LINDBURG, D. G. 1987. Seasonality of reproduction in primates. *In* G. Mitchell & J. Erwin (Eds.) *Comparative Primate Biology, Volume 2B: Behavior, Cognition, and Motivation*. Alan R. Liss, New York, p. 167-218.
- MITANI, J. C., GROS-LOUIS, J., & MANSON, J. H. 1996. Number of males in primates groups: Comparative tests of competing hypotheses. *Am. J. Primatol.*, 38:315-332.
- NOGUEIRA, C., CARVALHO, A.R., OLIVEIRA, L., VEADO, E.M., & STRIER, K.B. 1994. Recovery and release of an infant mureiqui, *Brachyteles arachnoides*, at the Caratinga Biological Station, Minas Gerais, Brazil. *Neotropical Primates*, 2(1):3-5.
- ODALIA-RÍMOLI, A. 1998. Desenvolvimento Comportamental do Muriuqi (*Brachyteles arachnoides*) na Estação Biológica de Caratinga, Minas Gerais. São Paulo: Ph.D. Dissertation, Universidade de São Paulo.
- PRINTES, R.C. & STRIER, K.B. 1999. Behavioral correlates of dispersal in female mureiquis (*Brachyteles arachnoides*). *Int. J. Primatol.*, 20: 941-960.
- PRINTES, R. C., COSTA, C. G., & STRIER, K. B. 1996. Possible predation on two infant mureiquis, *Brachyteles arachnoides*, at the Estação Biologica de Caratinga, Minas Gerais, Brasil. *Neotropical Primates*, 4:85-86.
- ROSS, C. 1991. Life history patterns of New World monkeys. *Int. J. Primatol.*, 12:481-502.
- STRIER, K. B. 1990. New World primates, new frontiers: Insights from the woolly spider monkey, or mureiqui (*Brachyteles arachnoides*). *Int. J. Primatol.*, 11:7-19.
- STRIER, K. B. 1996a. Male reproductive strategies in New World primates. *Human Nature*, 7:105-123.
- STRIER, K. B. 1996b. Reproductive ecology of female mureiquis. *In* M. Norconk, A. Rosenberger, & P. Garber (Eds.). *Adaptive Radiations of Neotropical Primates*. Plenum Press, New York, p. 511-532.
- STRIER, K. B. 1997. Mate preferences of wild mureiqui monkeys (*Brachyteles arachnoides*): Reproductive and social correlates. *Folia Primatol*, 68:120-133.
- STRIER, K. B. 1999a. The atelines. *In* A. Fuentes & P. Dolhinow (Eds.). *Comparative Primate Behavior*. McGraw Hill, New York, p. 109-114.
- STRIER, K. B. 1999b. *Faces in the Forest: The Endangered Mureiqui Monkeys of Brazil*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- STRIER, K. B. 1999c. Predicting primate responses to "stochastic" demographic events. *Primates*, 40:131-142.



- STRIER, K. B. 2001. Reproductive ecology of New World primates. *In* P. Ellison (Ed.). *Reproductive Ecology and Human Evolution*. Aldine, Chicago, p. 351-367.
- STRIER, K.B. & ZIEGLER, T.E. 1994. Insights into ovarian function in wild muriqui monkeys (*Brachyteles arachnoides*). *Am. J. Primatol.*, 32:31-40.
- 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., & ZIEGLER, T. E. 2000. Lack of pubertal influences on female dispersal in muriqui monkeys (*Brachyteles arachnoides*). *An. Behav.*, 59:849-860.
- STRIER, K. B., ZIEGLER, T. E., & WITTEWER, D. 1999. Seasonal and social correlates of fecal testosterone and cortisol levels in wild male muriquis (*Brachyteles arachnoides*). *Hormones and Behavior*, 35:125-134.
- TRIVERS, R. L. 1974. Parent-offspring conflict. *Amer. Zool.*, 14:249-264.
- ZIEGLER, T. E. 1987. The endocrinology of puberty and reproductive functioning in female cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) under varying conditions. *Biol. Reprod.*, 37:618-627.



## EVOLUTIONARY TRENDS OF NEOTROPICAL PRIMATES ACCORDING TO THE AP68 AND AP40 MICROSATELLITES

MANUEL RUIZ-GARCIA, MARIA IGNACIA CASTILLO & DIANA  
ALVAREZ

Unidad de Genética (Genética de Poblaciones-Biología Evolutiva). Laboratorio de Bioquímica, Biología y Genética Molecular de Poblaciones. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. CRA 7ª no 43-82, Bogota, DC., Colombia. E-mail: mruiz@javeriana.edu.co

### RESUMO

**Evolução de primatas neotropicais de acordo com os microsátélites AP68 e AP40.** Os *loci* de microsátélites podem ser usados como uma poderosa ferramenta para analisar a estrutura genética e o parentesco dentro e entre populações silvestres de primatas e, mesmo com certas restrições, eles podem ser usados como marcadores filogenéticos, como mostramos mais adiante. Entretanto, alguns dos *loci* não são úteis nessas tarefas porque podem se afetados por seleção natural, precisamente por *background selection* e seleção adaptativa (*selective sweeps*) ou por restrições mutacionais. Neste estudo demonstramos como os *loci* de microsátélites AP68 e AP40, apesar de serem marcadores filogenéticos bastante inconsistentes, são poderosas ferramentas para reconstruir a evolução molecular de certas zonas genômicas, que poderiam ser úteis para a compreensão de certas peculiaridades durante a evolução das espécies de primatas neotropicais.

**Palavras-chave:** Primatas neotropicais, STRPs, *loci* de microsátélites, seleção natural genética de população.

### ABSTRACT

The microsatellite loci can be used as powerful tools to analyze the genetic structure and kinship within and between wild Primate populations and, even with certain restrictions, they can be used as striking phylogenetic markers, such as we show elsewhere. Nevertheless, some of them are not useful in these tasks because they could be affected by natural selection, exactly by background (purifying) and adaptive selection (*selective sweeps*) or by mutation constraints. We show as the AP68 and AP40 microsatellite loci, although they are quite inconsistent phylogenetic markers, are powerful tools to reconstruct the molecular evolution of certain genome

ones which could be useful to understand certain traits during the evolution of the Neotropical primate species.

**Key words:** Neotropical Primates, STRPs, microsatellite loci, natural selection, mutation constraints, population genetics.

## INTRODUCTION

The advent of new molecular markers, such as the STRPs (Short Tandem Repeat Polymorphisms; microsatellite loci), has created the possibility of striking and amazing advances in the field of population genetics and phylogeny of many rare wild animals, some of which are very difficult to find in their natural habitats. These new molecular techniques led us to obtain DNA from minute amounts of tissue (s), hair (s) and feces. The case of Neotropical primates is not an exception, and several studies have been carried out by means of microsatellite DNA loci to analyze the genetic structure and the levels of genetic variability in species of this order (Ellsworth & Hoelzer, 1998; Grativol *et al.*, 1999; Ruiz-García, 2004; Ruiz-García *et al.*, 1999, 2002, 2004; Ruiz-García & Martínez-Aguero 2004), as well as from a phylogenetic perspective (Ruiz-García *et al.*, 2003). The microsatellites are considered a kind of tandem repeat loci, where alleles can be differentiated by their sizes in base pairs (bp). At these loci, mutations may alter the allele sizes by adding or deleting one or more repeats. In addition, the mutation rate per generation of this type of marker is exceptionally high ( $10^{-3}$  -  $10^{-4}$ ; Kelly *et al.*, 1991, Alvarez *et al.*, 2002; Ruiz-García, 2002a), implying a high degree of polymorphism.

Our research group has studied fourteen microsatellite loci (AP6, AP40, AP68, AP74, D5S111, D5S117, D6S260, D8S165, D14S51, D17S804, PEPC3, PEPC8, PEPC40 and PEPC59) in 26 species belonging to 11 of the extant 16 genera of Platyrrhine Primates (*Cebuella*, *Saguinus*, *Callithrix*, *Cebus*, *Saimiri*, *Aotus*, *Pithecia*, *Alouatta*, *Brachyteles*, *Lagothrix* and *Ateles*).

Although some combinations of these fourteen microsatellite loci could be useful from a phylogenetic point of view (see other examples in Blanquer-Maumont & Crouau-Roy, 1995; FitzSimmons *et al.*, 1995; Ruiz-García *et al.*, 2002), having in mind several restrictions due to size homoplasy and the mathematical properties of certain genetic distances and algorithms to recover phylogenetic relationships, in the current study we show clear evidence that two of these microsatellite loci employed (AP40 and AP68) are not useful to reconstruct phylogenetic relationships, since they are probably affected by negative unifying natural selection or mutation constraints, which are acting differently upon diverse Platyrrhine genera. This enables us to claim that the

trees obtained with both markers are gene trees which did not reflect the phylogenetic relationships of the Neotropical primate species but they are useful to understand selective and mutation constraints during the evolution of microsatellite loci in Neotropical primates. Nonetheless, we demonstrated elsewhere that the AP68 microsatellite is accurate in the determination of phylogenetic relationships within the Atelidae family (Ruiz-Garcia, 2002b).

The main aim of the present work is to show that the reconstruction of the AP68 and AP40 gene trees disagree completely with the phylogenetic relationships among Neotropical primates obtained by other researchers, including morphological (Rosenberger, 1984) and molecular characters ( $\epsilon$ -globine and IRBP genes, Porter *et al.*, 1997 and Schneider *et al.*, 1996; 12S and 16S rRNA mitochondrial genes, Horovitz *et al.*, 1998;  $\beta$ 2-microglobulin DNA sequences, Canavez *et al.*, 1999; G6PD DNA sequences, Von Dornum & Ruvolo, 1999) because they are affected by negative unifying selection or mutation constraints for the major part of the Neotropical primate genera, although several of them seem to be free of these limitations on genetic diversity (*Alouatta* and *Ateles* for AP68). To show that these quite inconsistent phylogenetic relationships were not the artificial product of the mathematical properties of the genetic distances and algorithms employed, several analytical strategies were carried out as follows:

(1) The Goldstein *et al.*, (1995)'s  $\delta\mu^2$ , the Nei (1978), the Cavalli-Sforza & Edwards (1967) and the Prevosti (1974) genetic distances were used to generate gene trees by means of the UPGMA and neighbor-joining algorithms. Several multivariate methods were alternatively employed, i. e. Coordinates Analysis (PCA) and non linear multidimensional scaling analysis (MSA). For the AP40 microsatellite, due to its low variability, a non-hierarchical classification method, named K-means, was employed.

(2) additionally two additional theoretical procedures were applied. The Zhivotovsky & Feldman (1995) and the Nauta & Weising (1996) methods determined effectively the existence of hard constraints in the evolution of the two aforementioned microsatellites.

(3) Finally linear, logarithmic, exponential and power regression functions were determined between the expected heterozygosity, average number of alleles per locus, average allele sizes and variance of the allele sizes (in number of repeat tandems). The species and genera in which the AP40 and AP68 loci seem to be subject to unifying selection, or mutation constraints, showed very different correlations when the analysis were undertaken with or without both microsatellites, contrarily to the case of *Alouatta* and *Ateles* where the unifying selection or mutation constraints seem not to be important, at least, for the AP68 microsatellite.

## METHODS

Determination of the presence of unifying natural selection, or tandem repeat mutation constraints, upon the AP40 and AP68 microsatellites for diverse Platyrrhine genera was possible by means of the analysis of 800 primate individuals belonging to 26 different Platyrrhine species. The species analyzed and their geographical distribution patterns are given in Table 1.

*Cebuella pygmaea*. The individuals analyzed were captured in the Iquitos area from the Peruvian Amazonas, and, morphologically belong to the *Cebuella pygmaea pygmaea* subspecies. No individual showed the typical morphotype of *Cebuella pygmaea niveiventris*, although Hershkovitz (1977) claimed the existence of a single subspecies.

*Callithrix jacchus*. The samples of this species were obtained from a captivity captive colony in Costa Rica, although its original geographical range is restricted to the northeast, the Atlantic forest region and central areas in Brazil

*Saguinus oedipus*. The geographical distribution of this species is restricted to Colombia, concretely in the Urabá region at the Antioquia Department, and at the Departments of Córdoba, Sucre, Atlántico and northern Bolívar.

*Saguinus geoffroyi*. All the animals studied had a Colombian origin and its geographical distribution occurs from the Panamanian frontier as far south as the San José river on the Colombian Pacific coast. *Saguinus leocopus*. The geographical distribution of this Colombian endemic species occurs in northeastern of the Antioquia Department, southern Bolívar, and the western bank of the Magdalena river in Antioquia, Caldas and a north fraction of the Tolima Departments.

*Saguinus midas*. The DNA studied proceeded from animals captured across French Guyana and northern Brazil and belonged to the *S. midas midas* subspecies.

*Saimiri sciureus*. All the individuals analyzed were from a Colombian origin and, probably, represented three different morphological subspecies, *Saimiri sciureus albigena*, *S. s. cassiquerensis* and *S. s. macrodon*, from eastern lowlands (Llanos Orientales) and from the Colombian Amazon.

*Saimiri boliviensis*. The individuals analyzed belong morphologically to the subspecies, *Saimiri boliviensis peruvensis* and were caught in the Peruvian Amazon, near to Iquitos.

*Cebus albifrons*. All the animals studied were from Colombia and they probably represented three different morphological subspecies, at least, from northern and southern Colombia, *Cebus albifrons cesarae*, *C. a. versicolor* and *C. a. unicolor*.

*Cebus apella*. This species its has a geographical range that extends from across all the Colombian Amazon including the entire lowlands to the piedmont of Eastern Colombia. All the individuals analyzed belong to the morphological subspecies *C. a. apella*, the only form in the Colombian territory as far as it is known.

Table 1. Species, subspecies, geographical origins and type of tissues employed to extract DNA of the 26 Platyrrhine primate species analyzed in the present study. Sample sizes and sources are included as well.

Species	Sample size	Origin	subspecies	type of tissue	Source
<i>Cebus pygmaeus</i>	18	Peruvian Amazon	<i>C. pygmaeus</i>	hair	H. Gálvez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Callithrix jacchus</i>	22	Captivity colony in Costa Rica from Brazil	<i>C. j. jacchus</i>	hair	M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Saguinus oedipus</i>	16	Urabá (Antioquian Department), Córdoba, Sucre, Atlántico, Bolívar Departments in Colombia		blood	L.M. Borrero, M. Ramirez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Saguinus Geoffroyi</i>	14	Colombian pacific area		blood	L.M. Borrero, M. Ramirez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Saguinus leucopus</i>	21	Antioquia and southern Bolívar Departments (Colombia)		blood	L.M. Borrero, M. Ramirez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Saguinus midas</i>	7	French Guyana- Northern Brazil	<i>S. m. midas</i>	hair and muscle	J.C. Vie, F. Catzeflis, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Saimiri sciureus</i>	86	Eastern lowlands and Colombian Amazon	<i>S. c. albigena</i> , <i>S. c. castaneiventris</i> , <i>S. s. macrouron</i>	hair, blood and muscle	H. Gálvez, J. Gandezabal, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Saimiri boliviensis</i>	24	Peruvian Amazon	<i>S. b. peruvianus</i>	hair and blood	H. Gálvez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Cebus albifrons</i>	82	Northern Colombia, Magdalena river and Colombian Amazon	<i>C. a. caezari</i> , <i>C. a. versicolor</i> , <i>C. a. unicolor</i>	hair, blood and muscle	F. Nassar, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Cebus opella</i>	104	Eastern lowlands and Colombian Amazon	<i>C. a. opella</i>	hair, blood and muscle	F. Nassar, L.M. Borrero, M. Ramirez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Cebus capucinus</i>	26	Pacific Colombian coast, Atlantic and Sucre Departments, Costa Rica pacific coast	<i>C. c. capucinus</i>	hair and blood	M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Aotus lemurinus</i>	15	Northern Colombia	<i>A. l. griseimembra</i>	blood	J.M. Gonzalez, S. Herrera
<i>Aotus nancaymae</i>	25	Peruvian Amazon		hair and blood	H. Gálvez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Aotus vociferans</i>	20	Colombian and Peruvian Amazon		hair, blood and bones	H. Gálvez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Pithecia monachus</i>	10	Colombian Amazon		hair and bones	M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Alouatta seniculus</i>	30	Guajira peninsula, Eastern lowlands and Colombian Amazon	<i>A. s. seniculus</i>	hair, blood, teeth and bones	F. Nassar, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Alouatta caraya</i>	20	Eastern Bolivia, Northern Argentina		hair and blood	M. Mudry, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Alouatta macconnelli</i>	6	French Guyana		muscle	F. Catzeflis, J.C. Vie
<i>Alouatta palliata</i>	30	Costa Rica pacific coast and Colombian Pacific coast	<i>A. p. palliata</i> , <i>A. p. aequinoctialis</i>	DNA, skins and teeth	G. Gutiérrez, M. Ruiz-García
<i>Leptorhina tatei</i>	44	Colombian Amazon	<i>L. lagotricha</i>	hair, blood, skins, teeth and bones	M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Ateles fusciceps</i>	77	Alto Chocho (Pacific Colombia), Alto Simu (Atlantic Colombia), Northern-western Ecuador	<i>A. f. fusciceps</i>	hair, blood and skins	J. Gandezabal, L. Carrillo, L.M. Borrero, M. Ramirez, R. Botero, A. Castellanos, L. Arias, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Ateles Geoffroyi</i>	14	Mexico, Northern Guatemala	<i>A. g. velleroseus</i> , <i>A. g. pan</i>	hair	C. Stelle
<i>Ateles belzebuth</i>	36	La Macarena, Colombian and Peruvian Amazon	<i>A. b. belzebuth</i>	hair and blood	H. Galvez, L.M. Borrero, M. Ramirez, M. Ruiz-García, D. Alvarez
<i>Ateles hybridus</i>	25	Northern Colombia and Maracaibo lake in Venezuela		hair and blood	A.E. Bracho, L. Carrillo
<i>Ateles chamek</i>	25	Peruvian Amazon and Northern Bolivia		hair	A. Pissinatti, M.L. Gomes
<i>Brachyteles arachnoides</i>	6	South eastern Brazil		hair and blood	A. Pissinatti, M.L. Gomes, M. Ruiz-García, D. Alvarez

*Cebus capucinus*. Its geographical distribution in Colombia ranges from the Panamá frontier along the Pacific Colombian coast and western slope of the western Andes until to the Nariño Department, covering the Departments of Antioquia, Córdoba, Sucre, northern Bolívar and Atlántico, as well. We cannot discard the possible existence of several different subspecies within our *C. capucinus* samples. Perhaps, they could be *C. c. capucinus*, *C. c. curtus*, and *C. c. nigripectus*. Additionally, three samples of *C. capucinus* from Costa Rica were analyzed (Pacific coast area of Manuel Antonio National park).

*Aotus lemurinus*. All animals analyzed belonged to the *Aotus lemurinus griseimembra* subspecies, which geographical distribution occurs in the lowlands of northern Colombia as well as in the Santa Marta mountains and upper Magdalena river valley.

*Aotus nancymaae*. All individuals studied were from the Peruvian rainforest at southern Amazon riverside.

*Aotus vociferans*. The animals analyzed were caught at the northern Amazon riverside in Peru and Colombia.

*Pithecia monachus*. Several samples of this species were obtained from northern Amazon riverside in the Colombian Amazon.

*Alouatta seniculus*. This species occurs throughout of a wide area of Colombia, only absent on the Colombian Pacific coasts, in a part of the Guajira peninsula, in the Nariño Department and in mountainous areas above the cloud forest belt (Hernández-Camacho & Cooper, 1976). In agreement with Hill (1962), the Colombian specimens belong to the morphological subspecies, *A. s. seniculus*.

*Alouatta caraya*. The samples studied were from Bolivia (Beni and Santa Cruz) and northern Argentina.

*Alouatta macconelli*. The samples of this taxa were obtained from French Guyana.

*Alouatta palliata*. The DNA studied proceeded from animals captured across Costa Rica, belonging to the *A. palliata palliata* subspecies and some additional samples proceeded from the Colombian subspecies, *A. palliata aequatorialis* from the Pacific Choco area.

*Lagothrix lagotricha*. In the samples processed, the two Colombian subspecies, *L. l. lagotricha* and *L. l. lugens* from Amazon and from the Eastern slope of Eastern Andes, respectively, were both represented.

*Ateles fusciceps*. This species has geographical distribution in the Colombian Pacific area as well as from the alto sinú region. The animals are phenotypically black. The individuals surveyed belonged to the *A. f. robustus* subspecies. Also some specimens proceeding from western Ecuador and classified as *A. fusciceps fusciceps* were included in the molecular analysis.



*Ateles geoffroyi*. The individuals, whose genotypes were obtained, represented the Mexican *A. g. vellerosus* subspecies as well as the Guatemalan *A. g. pan* subspecies. *Ateles belzebuth*. The specimens of *A. belzebuth* included in the present study were from the Colombian Amazon, reaching the Guaviare river and the La Macarena mountains.

*Ateles hybridus*. The animals genotyped proceeded from the Magdalena river valley (Magdalena and Cesar Departments) as well as from the Catatumbo region (Colombia) and from neighbor areas from the Maracaibo lake in Venezuela.

*Ateles chamek*. The DNA samples were obtained from specimens surveyed in the Peruvian Amazon and in northern Bolivia

*Brachyteles arachnoides*. A few samples of this endemic Brazilian species were analyzed as well.

The primers employed to amplify the AP68 marker were 5'-TGTTGGTATAATCTTTCCTA-3' and 5'-ACATACACCTTTGAGTTTCT-3', while those for the AP40 marker were 5'-CCACGGTGGCAGAGGAGATTT-3' and 5'-AGAGGCACGAAGACAAGGACA-3'. The remainder primate microsatellite primers employed could be seen on Table 2. The primers for the markers AP6, AP40, AP68 and AP74 were designed for *Alouatta palliata* (Ellsworth & Hoelzer, 1998), the D5S111, D5S117, D6S260, D8S165, D14S51 and D17S804 microsatellites were designed for human beings but they amplify for the major part of the Neotropical primates (Rogers et al., 1995; Zhong et al., 1996; Ellsworth & Hoelzer, 1998). Finally, the PEPC3, PEPC8, PEPC40 and PEPC59 microsatellites were found in *Cebus apella* (Escobar, 2000).

The PCR reactions were carried out as follows: The final PCR volume reaction, for DNA extracted from blood, muscle and other tissues as well as bones, was 25  $\mu$ l, with MgCl<sub>2</sub> 3 mM, 2.5  $\mu$ l of Buffer 10x, dNTPs 0.04 mM, 4 pmol of each primer (forward and reverse), 16.5  $\mu$ l of H<sub>2</sub>O, 2  $\mu$ l of DNA, and 1 Taq Polymerase unit per reaction. For the PCR reactions with DNA extracted from hairs, the overall volume was 50  $\mu$ l, with 20  $\mu$ l of DNA and twofold amounts of MgCl<sub>2</sub>, Buffer, dNTPs, primers and Taq Polymerase. The PCR reactions were carried out in a Geneamp PCR System 9600 thermocycler of Perkin Elmer. The temperatures used were as follows: 95 °C for 5 minutes, 30 cycles of 1 minute at 95 °C, 1 minute at the most accurate annealing temperature (57 °C for AP40, and 50 °C for AP68) and one minute at 72 °C. Finally, 5 minutes at 72 °C. The amplification products were kept at 4 °C until the moment that they were used. The PCR amplification products were run in denaturant 6 % polyacrilamide gels in a Hoefer SQ3 sequencer vertical chamber, which permitted us to resolve differences of only one nucleotide base. After of 2-3 hours migration, depending of the sizes of the markers analyzed, and with 35 W as a constant, the gels were stained with AgNO<sub>3</sub> (silver nitrate). The molecular weight markers used were those of  $\phi$ 174 cut with Hind III and Hinf I.

Table 2. Primer sequences, repeat motif, annealing temperatures and GenBank accession number of the microsatellite loci employed in this study specifically designed for New World primate species. Human microsatellite description could be seen in GenBank.

Microsatellite	Primer sequences	Repeat motif	Annealing temperature	Accession number
AP6	5'-AGTGTTTTATGGTTTGAGAT-3' 5'-GTTTAGCAATAATGAAGATA-3'	(TG)11	47	UO9224
AP40	5'-CCACGGTGGCAGAGGAGATTT-3' 5'-AGAGGCACGAAGACAAGGACA-3'	(TG)4CA(TG)6	57	UO9248
AP68	5'-TGTTGGTATAATCTTTCCTA-3' 5'-ACATACACCTTTGAGTTTCT-3'	(TG)17	50	U36399
AP74	5'-TGCACCTCATCTCTTCTCTG-3' 5'-CATCTTTGTTTTCTCATAGC-3'	(TG)19	52	U36400
PEPC3	5'-CATGGACTGCAATTCAAGCC-3' 5'-ACTTCCAGCCTCCAAAATATG-3'	(GT)13	55	
PEPC8	5'-TTCAGGATGCATCAAATGATT-3' 5'-TAGCAGTCTATTTAGGTGTTAAT-3'	(CA)16	50	
PEPC40	5'-GACAGAGCAAGACTCCATCTC-3' 5'-GATCAGTAAACACATGTGCAT-3'	(CA)18(CT)14(CA)9	55	AF109994- AF104000
PEPC59	5'-CAGTGGCAACTCTGTAAGGA-3' 5'-GTGGAGTCAACATGCAGAGG-3'	(GT)18	55	

## POPULATION GENETICS ANALYSES

Several genetic distances were applied to show as the differences between the gene trees obtained here, with the AP40 and AP68 markers, and those of other phylogenetic trees obtained by other researchers, are not the result of the differential mathematical properties of the genetic distances or the algorithms employed. Four genetic distances were used. The  $\delta\mu^2$  distance (Goldstein *et al.*, 1995), specifically created for microsatellites is based on the differences in average tandem numbers among the taxa compared, whereas the other three genetic distances employed (Nei, 1978; Cavalli-Sforza & Edwards, 1967 and Prevosti, 1974) measure differences by means of allele frequencies among the taxa compared. The UPGMA and the Neighbor-Joining (NJ) algorithms were applied to each one of the genetic matrices obtained in order to construct a phenogram of species relationships. The cophenetic correlation coefficient was calculated for each one of these trees. The Mantel t test and 2000 random permutations were applied to determine the significance of the cophenetic correlation coefficients.

To establish other possible relationships among the Neotropical primate species studied with the AP68 microsatellite, a Principal Coordinate analysis (PcorA) and a multidimensional scaling analysis (MSA) were applied. The PcorA procedure employed was that used by Gower (1966). A graphic matrix ("Minimum Spanning tree") was superimposed in order to see the probable local distortion generated by the

process of dimensional reduction. The nonmetrical MSA with a monotone function (Kruskal, 1964a,b) employed as parameters: 50 maximum iterations, a minimum stress of 0.001, a maximum stress ratio of 0.999 and a minimum gradient of 0. The fifty iterations were used to calculate the statistic called stress, which measures the goodness of fit of the distances in the configuration of space in regard to the monotone function of the original distances. For the AP40 microsatellite, as the allele diversity was extremely scarce, a classification of the species analyzed was carried out by the application of a non-hierarchical method named K-means (Spath, 1980).

The second strategy used the theoretical considerations from the Zhivotovsky & Feldman (1995) and Nauta & Weissing (1996) works. In the first case, the within and between species dynamics of the distribution of the number of repeats at the diverse microsatellite DNA loci analyzed subject to stepwise mutation were studied. For this, we employed the analytical equations for moments up to the fourth order within a locus and the variance of between-locus variance at mutation-drift equilibrium obtained by Zhivotovsky & Feldman (1995). The main power of these statistics is to test the appropriateness of the one-step mutation model as well as to detect between-locus variation in the mutation rate per generation. For these tasks, the analytical expressions employed were as follows:

The total mutation rate for the one and two-step stepwise models is  $w = \sum_c v_c c^2 = v \sigma_m^2$ , where  $v = \sum_{c \text{ different to } 0} v_c$ , being  $c = j - i$  the change in repeat number due to mutation of the allele carrying  $j$  repeats to the allele with  $i$  repeats,  $v_c$  is the probability of a mutational change by  $c$  with the repeat number no depending on the allele mutated and  $\sigma_m^2$  is the variance of changes in repeats among the new mutations. In identical sense, the first four central sample moments of the allele frequency distributions were calculated as  $r = \sum_i i p_i$  (mean of repeat tandems),  $V = \sum_i p_i (i - r)^2$  (variance of the repeat tandems),  $S = \sum_i p_i (i - r)^3$  (skewness of repeat tandems),  $K = \sum_i p_i (i - r)^4$  (kurtosis of repeat tandems), where  $p_i$  is the frequency of allele  $A_i$  which carries  $i$  repeats. Whatever microsatellite affected by negative selection or mutation constraint will show values clearly differentiated for these statistics when compared to the microsatellite with more neutral dynamics. Following the same conceptual argument, let  $r_x$  and  $r_y$  be the means of the repeat scores at one locus in two genetically isolated species labeled by X and Y. We calculated the "squared mean difference" among two species as  $SMD = (r_x - r_y)^2$ . The corollary I of Zhivotovsky & Feldman (1995) affirmed that after  $t$  generations of reproductive isolation  $E(SMD) = wt$  and  $Var(SMD) = 8w^2 t^2$ . Obviously those microsatellites under neutral evolution will show similar values of these statistics while those affected for some type of selection will be highly deviated from them by excess, in case of positive or diversifying natural selection, or by defect, in case of negative selection.

The second approach directly derived from the Nauta & Weissing (1996) theory. These authors demonstrated that the range of allele sizes found at microsatellite loci is typically limited such as other authors have shown (Garza et al., 1995). This fact,

along with the high mutation rates, has important implications in the microsatellite population dynamic. When the range of the target alleles is limited, mutation will lead to the reappearance of alleles lost in the past. Mutation may be therefore viewed as a homogenizing factor that counteracts the differentiating effects of other evolutionary events, such as gene drift. This fact perfectly applies to infinite populations, but in the case of a finite number of them genetic heterogeneity is possible due to the diversifying action of gene drift. Thus genetic heterogeneity rather than genetic convergence will depend on the effective size of the populations. All this assumes that expected number of alleles currently present in a population does converge to an equilibrium value. Furthermore, the variance in repeat numbers converges to the value  $(2N - 1)m$  in a diploid population with  $N$  (effective population size) and  $m$  the mutation rate per generation (Moran, 1975). This variance is a partial synonymous of the SMD distance above commented based in allele sizes because is twice the variance in repeat numbers (Goldstein *et al.*, 1995). Hence, SMD has an expectation equilibrium of  $SMD = 2m$  ( $2N - 1$ ) =  $4Nm$ . In identical fashion at the limit distribution the number of alleles ( $M$ ) and the SMD in allele sizes is twice the variance of the uniform distribution, being  $SMD = (M^2 - 1)/6$  as well as  $N > (M^2 - 1)/(24m)$ . Additionally, the existence of a linear relationship among SMD and the separation generation times of different species could help in the detection of diverse kinds of selection on microsatellite loci because  $e(SMD) = 2mt$ , where  $t$  is the number of generations elapsed from the species separation. From a molecular and fossil record standpoint, several time separation estimates between Neotropical primates genera are available (Schneider *et al.*, 1993; Meireles *et al.*, 1999). Whether a determined microsatellite is under negative selection or mutation constraint the time separation estimations obtained as above mentioned among different genera underestimated the real times of separation. Otherwise, we have tentative effective number estimates of many of the species analyzed here by means of diverse methods (Ruiz-Garcia, 2004). If the  $N$  values obtained with the above equations are considerably lower of that obtained with other population genetics methods, it could suggest the existence of negative selection affecting the AP68 and the AP40 microsatellites.

Finally, four measures describing microsatellite characteristics were determined as follows: (1) Mean allele sizes in repetition tandems; (2) Variance of the repetition tandem numbers; (3) Expected heterozygosity (genic diversity), which was calculated for each species as:

$H = n(1 - \sum x_i^2)/(n - 1)$ , where  $x_i$  is the *i*th allele frequency and  $n$  is the number of chromosomes analyzed; and (4) Average allele number per microsatellite.

We have calculated linear, logarithmic, exponential and power regression equations and correlations among all pairs of these four measures including and excluding both problematic AP40 and AP68 microsatellites for four species, *Cebus albifrons*, *Cebus apella*, *Lagothrix lagotricha* and *Alouatta seniculus*. Differential correlation results, with and without them, could be an evidence of selection or mutation constraints regulating the evolution of these molecular markers in the Platyrrhine monkeys.

## RESULTS AND DISCUSSION

The different alleles (bp) found for each one of the two aforementioned microsatellite loci (AP40 and AP68) for 26 Neotropical primate species are shown in Table 3. In a comparative way, the alleles and their respective frequencies of other microsatellite DNA loci with an apparently more neutral dynamic are shown in Table 4. Only a few selected loci and species were chosen for this because the complete results will be shown elsewhere. This points out the differential behavior of both microsatellite loci regard to other ones for the majority of genera and species studied, with the exception of *Alouatta* and *Ateles*.

Table 3. Number of alleles, allele sizes and frequencies at the AP68 and AP40 microsatellite DNA loci employed in 26 different Platyrrhine primate species.

Species	AP68			AP40		
	Number of alleles	Allele size (bp)	Frequency	Number of alleles	Allele size (bp)	Frequency
<i>Cebuella pygmaea</i>	2	168-176	0.95-0.05	1	176	1.0
<i>Callithrix jacchus</i>	1	168	1.0	1	176	1.0
<i>Saguinus oedipus</i>	2	167-168	0.5-0.5	1	176	1.0
<i>Saguinus geoffroyi</i>	1	168	1.0	1	176	1.0
<i>Saguinus leucopus</i>	2	167-168	0.04-0.96	1	176	1.0
<i>Saguinus midas</i>	1	168	1.0	1	176	1.0
<i>Saimiri sciureus</i>		no amplified		1	176	1.0
<i>Saimiri boliviensis</i>		no amplified		1	176	1.0
<i>Cebus albifrons</i>	2	166-168	0.97-0.03	1	176	1.0
<i>Cebus apella</i>	1	166	1.0	1	176	1.0
<i>Cebus capucinus</i>	1	166	1.0	1	176	1.0
<i>Aotus lemurinus</i>	1	168	1.0	1	172	1.0
<i>Aotus nancymae</i>	2	166-168	0.89-0.11	1	172	1.0
<i>Aotus vociferans</i>	2	166-168	0.33-0.67	1	172	1.0
<i>Pithecia monachus</i>	1	166	1.0	1	176	1.0
<i>Alouatta seniculus</i>		184	0.07	4	168	0.04
&		190	0.04		170	0.04
<i>Alouatta macconelli</i>		192	0.18		172	0.83
	7	194	0.03		176	0.09
		196	0.25			
		198	0.25			
		200	0.17			
<i>Alouatta caraya</i>	3	182-184-186	0.35-0.5-0.15	1	172	1.0
<i>Alouatta palliata</i>	5	175-183-185-187-189	0.09-0.45-0.05-0.04-0.36	1	172	1.0
<i>Lagothrix lagothicha</i>	1	168	1	1	176	1.0
<i>Ateles fusciceps</i>	4	166-174-176-178	0.03-0.24-0.64-0.08	1	176	1.0
<i>Ateles geoffroyi</i>	3	174-176-178	0.54-0.36-0.09	1	176	1.0
<i>Ateles belzebuth</i>	2	174-176	0.12-0.88	1	176	1.0
<i>Ateles hybridus</i>	4	168-172-174-176	0.15-0.06-0.34-0.45	1	176	1.0
<i>Ateles chamek</i>	3	172-174-176	0.08-0.56-0.36	2	174-176	0.04-0.96
<i>Brachyteles archnoides</i>	1	168	1	1	176	1.0

Table 4. Allele numbers, allele sizes and frequencies of several different selected microsatellites in some selected Primate species analyzed. This table shows as for different microsatellites the number of alleles is substantially higher than those found for the AP68 and AP40 loci for the same primate species, with the exception of *Alouatta* and *Ateles* for the first marker and *Alouatta seniculus* for the second marker.

Species	Locus	Allele number	Allele size (bp)	Frequency	Allele size (bp)	Frequency	Allele size (bp)	Frequency	Allele size (bp)	Frequency		
<i>Actus nancymae</i>	AP74	4	161	0.12	163	0.13	165	0.50	167	0.25		
<i>Saimiri sciureus</i>	AP74	12	145	0.02	151	0.07	157	0.20	163	0.03		
			147	0.05	153	0.04	159	0.15	165	0.01		
			149	0.10	155	0.09	161	0.22	167	0.01		
<i>Cebus albifrons</i>	AP74	21	138	0.12	142	0.13	150	0.13	152	0.12		
			140	0.50	151	0.11	156	0.08	162	0.08		
			144	0.05	152	0.03	157	0.01	163	0.03		
<i>Cebus apella</i>	D14S51	5	146	0.01	153	0.02	158	0.02	164	0.12		
			147	0.02	154	0.05	160	0.05	166	0.02		
			148	0.01	155	0.03	161	0.03	184	0.01		
			150	0.21	149	0.50	163	0.12	165	0.13		
<i>Cebus capucinus</i>	AP74	6	137	0.12	149	0.13	163	0.12	165	0.13		
			147	0.13	149	0.18	155	0.50	161	0.05	183	0.09
<i>Lagothrix lagothicha</i>	AP6	4	149	0.05	157	0.14	169	0.43	171	0.21	175	0.22
			145	0.08	153	0.08	161	0.12	165	0.08		
			147	0.31	155	0.15	163	0.04	167	0.04		
<i>Alouatta seniculus</i>	AP74	6	149	0.12	149	0.10	153	0.20	181	0.10		
			141	0.10	149	0.10	153	0.20	167	0.10		
			143	0.20	151	0.20	167	0.10	170	0.03		
<i>Alouatta palliata</i>	AP74	5	160	0.11	164	0.45	168	0.09	170	0.03		
			162	0.14	166	0.19	181	0.05	187	0.02		
			167	0.34	175	0.16	181	0.05	187	0.02		
<i>Ateles fusciceps</i>	AP74	11	169	0.13	177	0.03	183	0.03	189	0.02		
			171	0.21	154	0.17	156	0.50	158	0.08		
			146	0.08	154	0.17	156	0.50	158	0.08		
<i>Ateles geoffroyi</i>	AP74	6	150	0.01	134	0.01	158	0.06	168	0.07		
			130	0.34	148	0.01	160	0.07	170	0.01		
			132	0.35	156	0.04	162	0.03	162	0.03		
<i>Ateles geoffroyi</i>	AP74	6	150	0.08	156	0.08	160	0.33	162	0.08		
			154	0.33	158	0.08						

### AP68 MICROSATELLITE LOCUS

The first remarkable finding was the no-amplification of both *Saimiri* species for this marker. This means that the deprivation of this DNA fragment, or the high level of mutation accumulation in the flanking regions, occurred during, or after, the differentiation of this genus in relation to the other 15 Neotropical primate genera. Although not included herein, several few samples of *Leontopithecus*, *Callimico*, *Callicebus*, *Chiropotes* and *Cacajao* were additionally analyzed for AP68 and all them amplified as well. Therefore supposed unspecified Neotropical primate records or tissues proceeding from illegal hunters or

decommissions could be attributed to *Saimiri* if no-amplification via PCR is obtained for AP68. The *Cebuella*, *Saguinus*, *Callithrix*, *Leontopithecus*, *Callimico*, *Cebus*, *Aotus*, *Pithecia*, *Callicebus*, *Chiropotes*, *Cacajao*, *Lagothrix* and *Brachyteles* genera yielded alleles, which ranged from 166 to 168 bp with a single exception. As we will demonstrate later some negative selection or mutation constraints are fixing the size of the alleles at the AP68 microsatellite. It is interesting to note that these sizes are the lower detected for whichever of the species studied. Whatever other size corresponds to higher allele sizes. Thus, 166 bp seems to be the lower limit for the evolution of this marker. The genera deviated from this size always have higher allele sizes. This microsatellite agrees therefore quite well with the hypothesis of Rubenzstein *et al.*, (1995) and Dover (1995), who claimed that there is positive directionally for increasing size at the microsatellite DNA loci.

*Cebus apella* and *Cebus capucinus* were fixed for a single allele of 166 bp. There was not any difference among the *Cebus capucinus* individuals sampled in Colombia and Costa Rica, regardless that the phenotype aspect of these animals was considerable different. All the specimens analyzed of *Cebus albifrons*, morphologically belonging to the *C. a. cesarae* and the *C. a. versicolor* subspecies (northern Colombia), were fixed for an allele of 166 bp, as well. Nevertheless, an individual from the Amazon region, probably *Cebus albifrons unicolor*, was fixed for a single allele of 168 bp. Although this marker is thus not useful to solve population genetics problems within *Cebus*, this result could be interesting to differentiate *Cebus albifrons* originating from northern and southern Colombia. In addition, it puts forward that, at least for *Cebus*, when a mutation occurred follows the uni-step stepwise mutation model (increases only one repetition tandem).

The *Saguinus* species analyzed showed many interesting facts. All specimens genotyped belonging to *S. geoffroyi* and *S. midas* were fixed for a single allele of 168 bp. Otherwise, the specimens analyzed of *S. oedipus* and *S. leucopus* presented two alleles of 167 and 168 bp, respectively. The existence of an additional allele of 167 bp seems to be more extended in the first than in the second species and, although this is not a perfect mutation, reveals the mutation constraints of this marker as well as a higher uni-step stepwise mutation model trend. Furthermore, AP68 could be employed as a population genetic marker for studies with *S. oedipus* and *S. leucopus*, at least.

The results of *Aotus* are relevant as well. The individuals of *A. lemurinus griseimembra* from northern Colombia were all fixed for a single allele of 168 bp. Nonetheless, *A. nancymae* and *A. vociferans* presented a restricted polymorphism at this locus. Two alleles of 166 and 168 bp were found, the first more common for *A. nancymae* and the second more common for *A. vociferans*. This could be a transient polymorphism among both species or even evidence of hybridization among them. Anyway, this microsatellite seems useful to carry out population genetics studies on both *Aotus* species as well as is showing other case of uni-step stepwise mutation model example.

All individuals studied of *Callithrix jacchus*, *Leontopithecus* sp., *Callimico goeldi*, *Lagothrix lagotricha* and *Brachyteles arachnoides* were fixed for a single allele of 168 bp, meanwhile all specimens of *Pithecia*, *Callicebus*, *Chiropotes* and *Cacajao* were fixed for a single allele of 166 bp, such as *Cebus* and several *Aotus*. The unique exception, excluding the cases of *Alouatta* and *Ateles* which we will comment in brief, was an specimen of *Cebuella pygmaea*. All the specimens of this species were fixed for the single allele of 168 bp typical of the Callitrichidae except one individual from the Peruvian Amazon which was homozygous for an allele of 176 bp. The PCR of this individual was repeated and the result was the same. Contrarily to the other cases reported here, it seems a clear example of multistep mutation model (increase of four tandems of repetitions at once) as well as the possibility to discriminate exemplars from a determined location of the Peruvian Amazon from other Amazon areas.

Therefore the scenario is clear. All the genera of Neotropical primates, with the aforementioned exception of *Alouatta* and *Ateles*, independently of their classifications as Callitrichidae, Cebidae, Pitheciidae and Atelidae, depending on the authors, were fixed for an allele of 166 bp (*Cebus*, several *Aotus* and the Pitheciidae) or for an allele of 168 bp (all Callitrichidae, several *Aotus* and two Atelidae as *Lagothrix* and *Brachyteles*). Hence the situation for the AP68 microsatellite is strikingly different to that visualized for other microsatellite markers as it is shown in Table 4. The normal situation is to find from six or seven alleles, as is the case of AP74 for *Cebus capucinus* or D5S111 for *Lagothrix lagotricha*, to 21 alleles, as the case of AP74 for *Cebus albifrons*, passing through 9 to 12 alleles, as were the cases of D5S111 for *Alouatta seniculus* or AP74 for *Saimiri sciureus*, to quote a few examples.

On the contrary, the *Alouatta* and *Ateles* genera showed an amazing and striking different genetic dynamics at this microsatellite marker. *Alouatta seniculus* showed seven different alleles of 184, 190, 192, 194, 196, 198 and 200 bp, respectively at the AP68 microsatellite. Ellsworth & Hoelzer (1998) analyzed three individuals of this species, but with unknown origin, detecting four alleles, which ranged from 262 to 268 bp. If the allele size determination of these authors were correct, this added credence to the fact that AP68 has a high genetic variability for this genus, although Figueredo *et al.*, (1998) found an outstanding genetic homogeneity among *Alouatta seniculus* populations in the northern Brazilian Amazon for the COII mitochondrial gene (0-1.15 % nucleotide differences). Nonetheless, we believe that the allele sizes reported for Ellsworth & Hoelzel (1998) were incorrectly sized by unknown reasons for us. In addition, *Alouatta seniculus* have not the restricted number of alleles discovered in the other Platyrrhine genera and the allele sizes are considerable higher than those showed herein for the other New World primate genera. A similar situation is found for other *Alouatta* species such as *A. palliata* and *A. macconelli*. In our analysis, for instance, the first



species yielded five alleles (175, 183, 185, 187 and 189 bp). Furthermore, Ellsworth & Hoelzel (1998) studied 40 individuals of *Alouatta palliata* and 20 specimens of *Alouatta pigra* from Mexico and found, six alleles (185-205 bp) and five (175-197 bp), respectively. Thereby, these findings could be used as highlighting examples of the high genetic variability found at AP68 for this genus, which contrasts with the situation of the remainder Platyrrhine genera. Note that Sampaio et al., (1996) asserted that *Alouatta* exhibits the highest protein genetic variability of all Neotropical Primate species analyzed. It is remarkable to mention that the Meso-American *Alouatta* taxa presented odd allele sizes compared to the South America *Alouatta* taxa (*A. seniculus*, *A. macconelli*, *A. caraya*) yielded pair allele sizes, fact which could be useful to distinguish records and tissues of *Alouatta* from unknown origins and gives evidence in favor of the phylogenetic differences among the Central American *Alouatta* clade and the South America one as reported Cortes-Ortiz et al., (2002) sequencing five nuclear and mitochondrial genes of diverse *Alouatta* taxa.

For *Ateles*, the number of alleles found at the AP68 marker was high as well contrasting with the other New World monkeys. In *Ateles fusciceps*, we found four alleles of 166, 174, 176 and 178 bp, respectively, whereas in *A. belzebuth* two alleles (174 and 176 bp), in *A. hybridus* four alleles (168, 172, 174 and 176 bp), in *A. chamek* three alleles (172, 174 and 176 bp) and in *A. geoffroyi* three alleles (174, 176, 178 bp) were found. Ellsworth & Hoelzer (1998) analyzed three individuals of this last species, but with unknown origin, and they found two alleles of 240 and 242 bp. We could remember that Kellog & Goldman (1944) defined until nine morphologic subspecies within this species (*A. g. vellerosus*, *A. g. yucateensis*, *A. g. pan*, *A. g. frontatus*, *A. g. geoffroyi*, *A. g. ornatus*, *A. g. panamensis*, *A. g. azuerensis* and *A. g. grisescens*). It is possible that the specimens surveyed by them were from any subspecies not analyzed by us. However, as occurred with *Alouatta*, we believe that these authors inaccurately sized the alleles at the AP68 marker for these *Ateles* individuals. All this data seems clearly to confirm that the number of alleles and the genetic variability for *Alouatta* and *Ateles*, at the AP68 locus, is remarkable higher than in the other Neotropical primate species, and thus this microsatellite is useful to carry out population genetics studies on both genera. Nevertheless, there are several determinant differences in the case of *Ateles* regard to the *Alouatta* one. Firstly, the number of tandem repeats of differences among *Ateles* and the other New World primate genera is substantially less than the value detected among *Alouatta* and the other Platyrrhine species, which mean that two different and disconnected mutational events occurred from the original Atelidae branch conformed by *Lagothrix-Brachyteles*. Secondly, the *Alouatta* divergence is older than the *Ateles* divergence. These results agree quite well with other molecular data, which also revealed the high phylogenetic relationship among *Lagothrix-Brachyteles* and the earlier separation of *Alouatta*

and the subsequently divergence of *Ateles* from the clade integrated for the two first genera (Meireles *et al.* 1999).

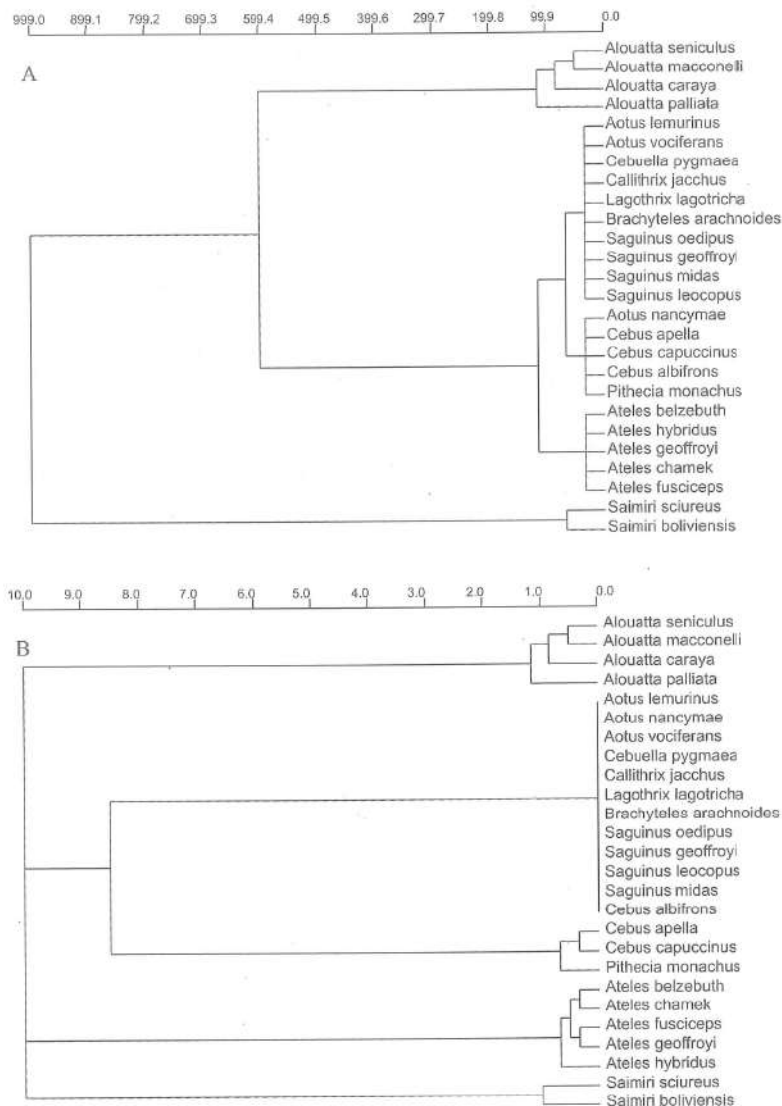
Figure 1<sub>a,b,c,d</sub> with several genetic distances and algorithms yielded different results, but in no case these results agree with the expected phylogenetic relationships among the species analyzed, independently of the distances, or algorithmic procedure employed. It is easy to observe (Figure 2) as no phylogenetic reconstruction using morphological (Rosenberger, 1984) and molecular characters ( $\epsilon$ -globine and IRBP genes, Porter *et al.*, 1997 and Schneider *et al.*, 1996; 12S and 16S rRNA mitochondrial genes, Horovitz *et al.*, 1998;  $\beta$ 2-microglobulin DNA sequences, Canavez *et al.*, 1999; G6PD DNA sequences, Von Dornum & Ruvolo, 1999) showed some resemblance to the gene trees obtained for the analyzed AP68 and AP40 loci, ratifying the existence of negative natural selection or mutation constraint, which precludes the phylogenetic reconstruction between the Neotropical primates with these microsatellites. A large fraction of the AP68 gene trees showed the existence from two to four different evolution arrays. For the UPGMA procedure (4), there were *Saimiri*, *Alouatta*, *Ateles* and all the other genera studied. For the NJ procedure (2), the arrays were *Alouatta-Ateles* and the rest of genera studied. *Saimiri* was not included because this genus did not amplify for this marker. Hence, the PCA and MSA analyses (Figure 3) ratified and confirmed that seen in the gene trees.

#### AP40 MICROSATELLITE MARKER

The Figure 4 presents a non-hierarchical K-Mean dendrogram, which clearly shows the well - evidenced existence of a constraining selective or mutation force acting upon this marker for all the genera and species analyzed, with the possible exception of *Alouatta seniculus*. In this case, *Ateles* was also genetically fixed as the other Platyrrhine species. All genera studied with the exceptions of *Alouatta* and *Aotus* were fixed for an allele of 176 bp. That is, all individuals analyzed were homozygous for this allele with a single exception, an *Ateles chamek* individual from the Peruvian-Colombian frontier in the Amazon, which was heterozygous 174/176 bp. On the other hand, all species of *Aotus* and the major part of *Alouatta* species were also monomorphic for an allele of 172 bp. These results led us to propose a molecular evolutionary model for the AP40 microsatellite. Originally some selective or mutation constraint affected all the Platyrrhine in the same way. For this reason, all Platyrrhine genera are fixed for one 176 bp allele. Nevertheless along the New World primate evolution, two independent multistep mutations (two repeat tandems) were generated, one produced the 172 bp allele of *Aotus* and the other the 172 bp allele of *Alouatta*. As practically all the molecular phylogenetic reconstructions do not present any strong evidence in favor of a conspicuous relationship among both genera, we believe in the existence of two independent mutations. If new evidence (s) could demonstrate some phylogenetic relationship among *Aotus* and *Ateles*, only one mutation could be contemplated. Within *Alouatta*, the *seniculus* species was the only one which presented diverse alleles for this

locus (four alleles of 168, 170, 172 and 176 bp, respectively). As we will comment later, the high chromosomal rearrangement capacity of this genus could offer an efficient explanation for the genetic diversity found in this species of *Alouatta* at the AP40 marker. It is remarkable that for three individuals belonging to *Ateles geoffroyi*, Ellsworth & Hoelzer (1998) found two alleles of 172 and 186 bp, an observation not found in the *Ateles* species analyzed here, which could put in doubt the results of these authors. It seems therefore clearly that for this microsatellite, in a different way to that found for AP68, only a single kind of selection of purifying (background) nature is present, with the possible exception for *Alouatta seniculus*.

Fig. 1



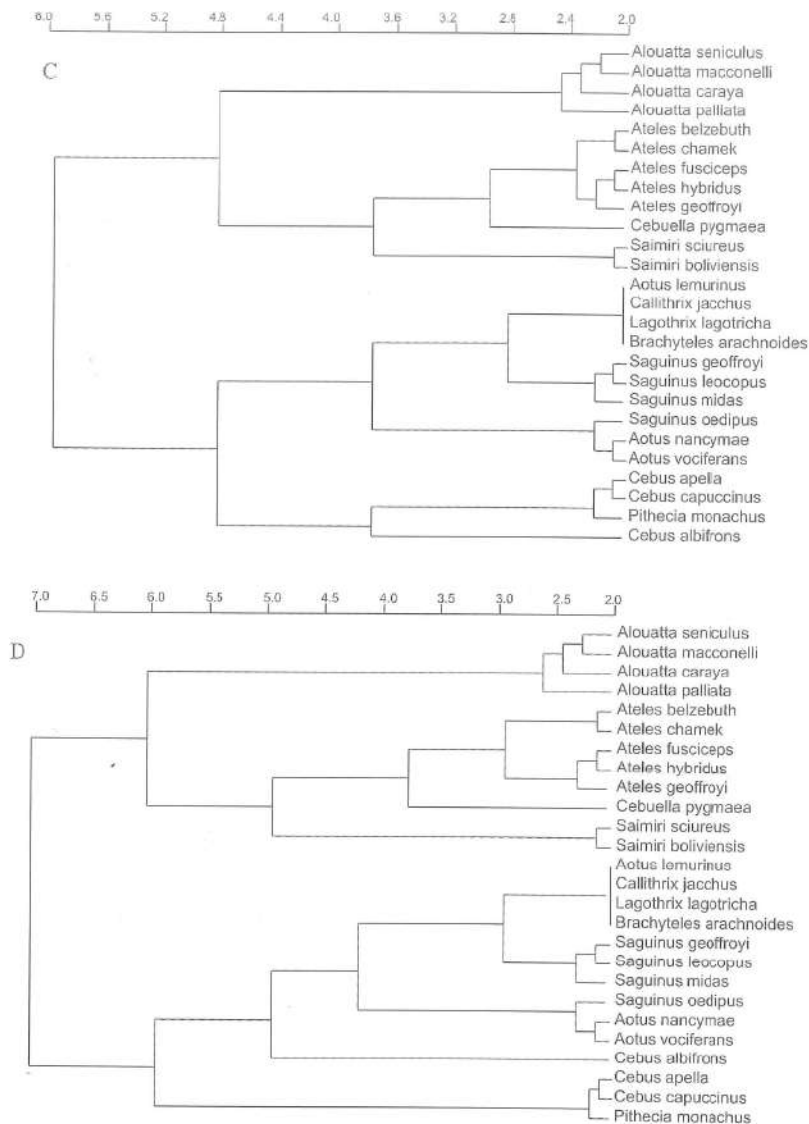


Figure 1. A/ UPGMA tree with the  $dm^2$  genetic distance reconstructing the evolution of the AP68 microsatellite locus in 26 Neotropical Primate species. B/ UPGMA tree with the Nei genetic distance reconstructing the evolution of the AP68 microsatellite locus in 26 Neotropical Primate species. C/ Neighbor-Joining tree with the Nei genetic distance reconstructing the evolution of the AP68 microsatellite locus in 26 Neotropical Primate species. D/ Neighbor-Joining tree with the Cavalli-Sforza & Edwards chord genetic distance reconstructing the evolution of the AP68 microsatellite locus in 26 Neotropical Primate species.

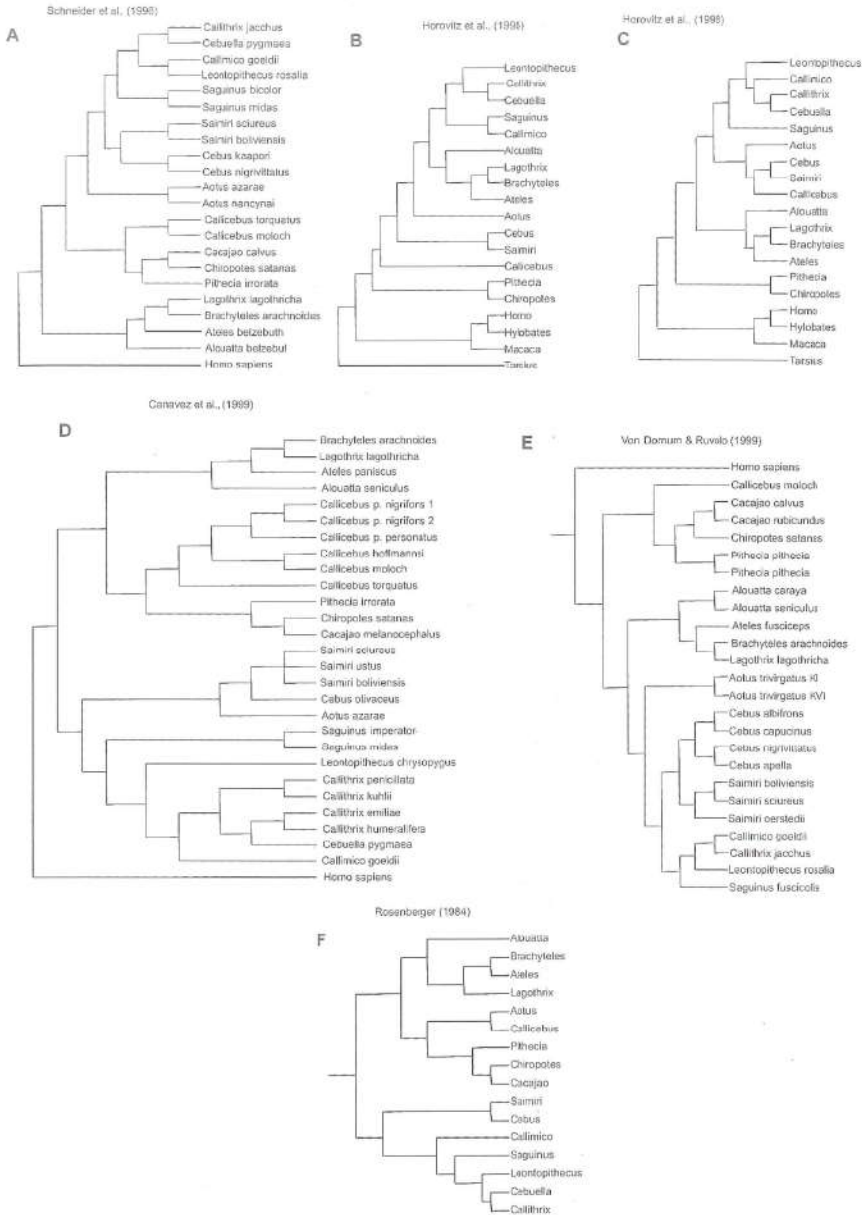


Figure 2. Diverse phylogenetic reconstructions of the New World monkeys by means of molecular and morphological traits to compare with the AP68 trees obtained in this work. A/ Schneider *et al.*, (1996),  $\epsilon$ -globine and IRBP genes; B/ Horovitz *et al.*, (1998), 12S rRNA mitochondrial gene; C/ Horovitz *et al.*, (1998), 16S rRNA mitochondrial gene; D/ Canavez *et al.*, (1999),  $\beta$ 2-microglobuline gene; E/ Von Dornum & Ruvolo (1999), G6PD gene; F/ Rosenberger (1984), morphological traits.

Evolutionary Trends of Neotropical Primates

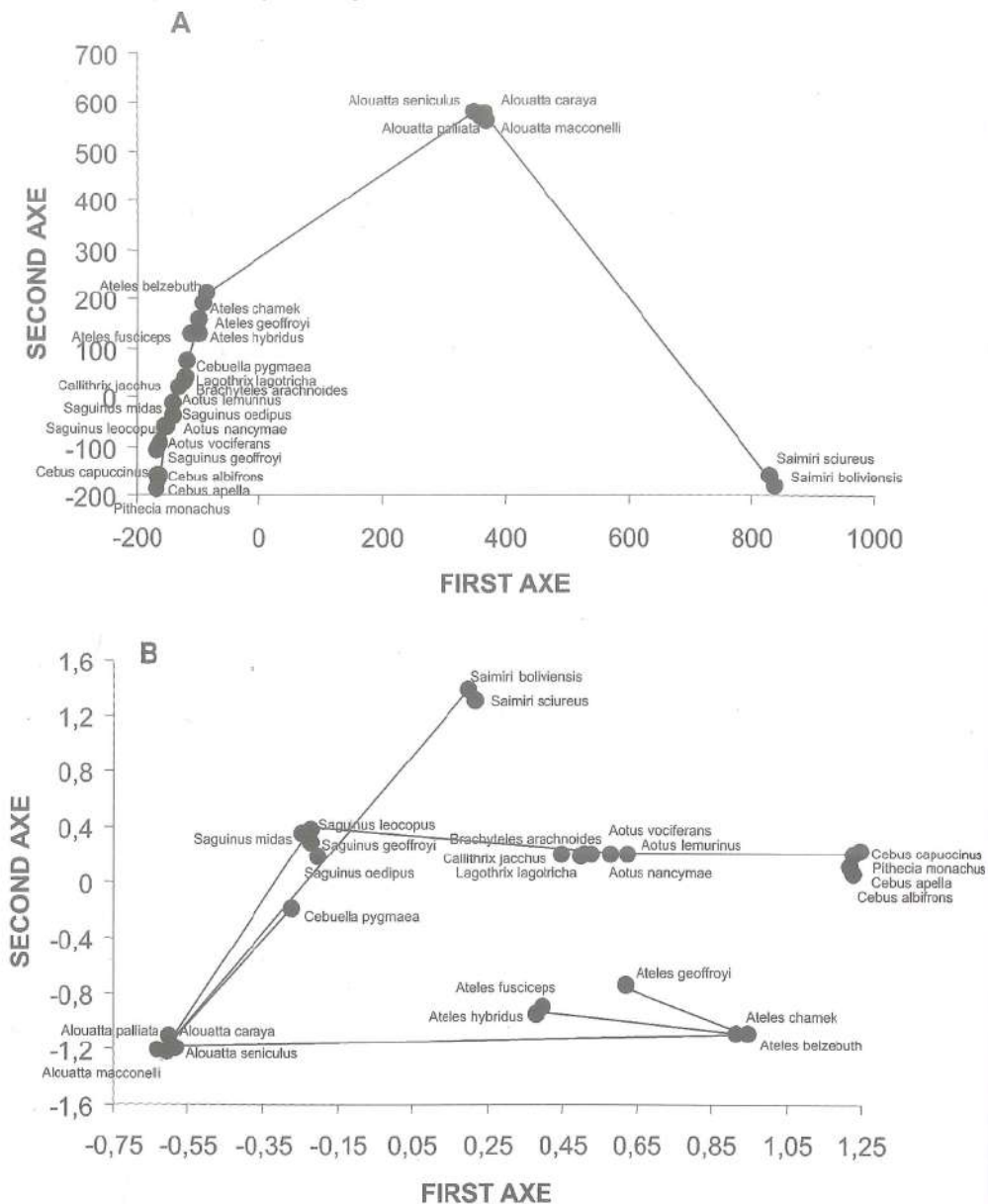


Figure 3. A/ Principal Coordinate Analysis by means of the  $\delta\mu^2$  genetic distance reconstructing the evolution of the AP68 microsatellite locus in 26 Neotropical Primate species. B/ Non-linear Multidimensional Scaling Analysis by means of the Nei genetic distance reconstructing the evolution of the AP68 microsatellite locus in 26 Neotropical Primate species.

## K-means procedure

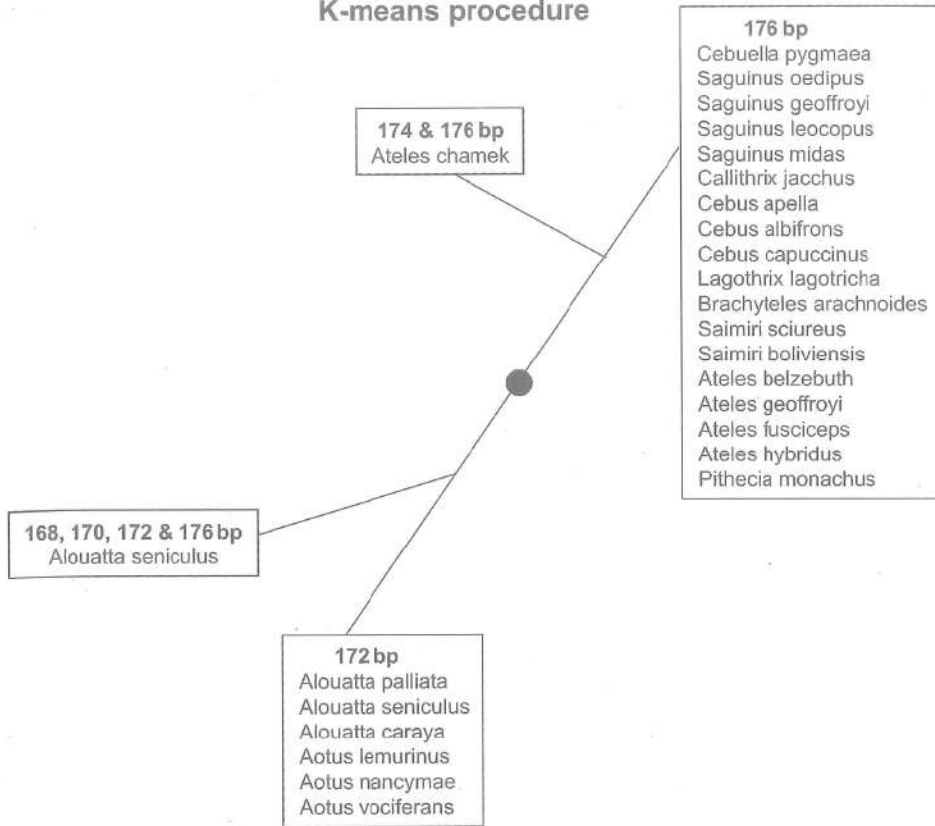


Figure 4. Non-hierarchical K-means procedure at the AP40 locus to classify 26 Neotropical Primate species.

### SELECTION AFFECTING MICROSATELLITE DNA MARKERS

Results for diverse statistics calculated by means of the Zhivotovsky & Feldman (1995) procedures are shown in Table 5. It is noteworthy to observe that V (Variance in repeat tandems), S (skewness), K (Kurtosis) and H (gene diversity) for all species presented in this Table (a selection of all the species and markers studied) was 0 for AP40, with the exception of *Alouatta seniculus*. For AP68, the situation is similar. Only the species of *Alouatta* and *Ateles* showed values for these statistics similar to other different microsatellites. In the cases of *Alouatta seniculus* and *Alouatta palliata*, for instance, the values of V, S, K and even H for AP68, were of higher magnitude than other microsatellite as AP74. In contrast, in other species as *Cebus albifrons* and *Aotus nancymae*, where a limited amount of gene diversity is presented, the values of these statistics are far less than those for other microsatellites

(see Table 5). Therefore relevant data is yielded in favor of some kind of evolutionary molecular force which is constraining V, S, K and also H in all Platyrrhine monkeys for AP40 and AP68 with the exception of *Alouatta seniculus* for the first marker and *Alouatta* and *Ateles* for the second marker. In fact, some authors have sought to explain the ubiquitous occurrence of microsatellites in terms of functional and regulatory significance (Kashi *et al.*, 1997; King & Soller, 1999). Maybe AP68 and AP40 could be playing a related role with this function.

Table 5. Results of the statistics *r* (mean of repeat numbers), *V* (variance of repeat numbers), *S* (skewness of repeat numbers), *K* (kurtosis of repeat numbers) and *H* (expected heterozygosity = gene diversity). As it is easy to observe the values of these statistics are noteworthy minor for the AP40 and AP68 loci than for other selected microsatellite, with the exception of some amounts for *Alouatta*, which points out on the possibility that both microsatellite are under negative natural selection or constrictive mutation patterns.

Species	Locus	<i>r</i>	<i>V</i>	<i>S</i>	<i>K</i>	<i>H</i>
<i>Cebus albifrons</i>	AP40	8.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68	4.031	0.030	0.028	0.028	0.060
	AP74	19.558	13.366	41.058	865.157	0.987
<i>Cebus apella</i>	AP40	8.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	D14S51	16.750	14.688	9.281	546.520	0.786
<i>Cebus capucinus</i>	AP40	8.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP74	20.816	17.056	153.495	2045.829	0.719
<i>Lagothrix lagotricha</i>	AP40	8.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68	5.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP6	6.571	2.387	0.581	13.751	0.758
	AP74	19.074	12.070	25.303	284.264	0.866
	D5S111	13.100	33.690	250.992	4235.682	0.821
<i>Aotus nancymae</i>	AP40	6.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68	4.107	0.096	0.075	0.068	0.396
	AP74	24.875	0.859	-0.551	2.019	0.700
<i>Saimiri sciureus</i>	AP40	8.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68			not amplified		
	AP74	20.631	6.227	-7.783	92.383	0.846
	D14S51	12.375	5.984	15.340	84.546	0.786
<i>Ateles fusciceps</i>	AP40	8.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68	8.702	0.911	-2.696	13.490	0.556
	AP74	11.710	48.926	359.258	5700.397	0.747
<i>Ateles geoffroyi</i>	AP40	8.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68	8.545	0.430	0.226	0.471	0.500
	AP74	20.413	3.076	-1.463	18.487	0.776
<i>Alouatta seniculus</i>	AP40	6.041	0.539	0.226	1.998	0.645
	AP68	19.678	4.503	-11.796	83.460	0.774
	AP74	24.066	1.336	0.213	5.339	0.715
	D5S111	22.445	8.246	32.920	289.210	0.695
<i>Alouatta palliata</i>	AP40	6.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	AP68	14.862	4.208	-7.124	58.733	0.740
	AP74	19.000	2.833	-5.497	25.824	0.723



Although many of the microsatellites employed have sizes which are rather constrained (this has been reported for other microsatellites by Garza *et al.*, 1995; Nauta & Weissing, 1996; Feldman *et al.*, 1997), no one has the scarce number of alleles found in the major part of New World monkey genera for AP68 and AP40. For example, the statistic  $w$  has a value of 0 at the AP40 locus for all the species studied with the exception of *Alouatta seniculus* ( $w = 3.02 \times 10^{-4}$ ). For AP68, most species showed a value of 0, and those as *Cebus albifrons* ( $w = 1.68 \times 10^{-5}$ ) and *Aotus nancymae* ( $w = 5.32 \times 10^{-5}$ ), which showed a certain value, it was remarkable minor than  $w$  for other microsatellites (for instance,  $w = 7.48 \times 10^{-3}$  for AP74 in *Cebus albifrons*). Even for *Ateles*, genus which seems free, at least until certain point, of constrictive forces at this marker the values of  $w$  were sensibly lower than in other microsatellites (in *Ateles fusciceps*,  $w = 5.1 \times 10^{-4}$  at AP68 versus  $w = 0.0274$  at AP74 or in *Ateles geoffroyi*,  $w = 2.4 \times 10^{-4}$  at AP68 versus  $w = 1.72 \times 10^{-3}$  at AP74). The only cases where  $w$  at AP68 were higher than the values found in other microsatellites was for *Alouatta* (in *A. seniculus*,  $w = 2.52 \times 10^{-3}$  at AP68 versus  $w = 7.48 \times 10^{-4}$  at AP74 or in *A. palliata*,  $w = 2.36 \times 10^{-3}$  versus  $w = 1.59 \times 10^{-3}$  at AP74), which emphasizes that this marker is not submitted to a drastic negative selective or mutation constraints in *Alouatta* differing from the rest of Platyrrhine species.

In identical sense, the divergence times and the effective number sizes calculated through AP68 and AP40 showed the high skewness to which these microsatellites are subject. A few examples are enough to support our thesis. By means of AP68, we calculated the divergence time among *Cebus albifrons* and *Lagothrix lagotricha* and this was only of 32.863 years ago, which is unlikely. Note that Schneider *et al.*, (1993) calculated the divergence time among Atelidae and Cebidae in 20 MA (millions of years). However, when we used AP74 for the same two species, the divergence time arose to 21.55 MA, which is highly similar to that calculated by these authors with the  $\epsilon$ -globine gene. To use AP68 for calculating divergence time among *Alouatta seniculus* and *Lagothrix lagotricha*, this was about 8 MA, which is slightly less than the 13.2 MA calculated for Schneider *et al.*, (1993) or to the 15.1 MA calculated by Van Dorn & Ruvolo (1999). In this case, *A. seniculus* is free of severe constraints but *Lagothrix* is not. The effective numbers calculated for *C. albifrons* and *L. lagotricha* with AP68 was 419 individuals, meanwhile for *C. albifrons*-*A. seniculus* with AP40 was 1713 individuals. Obviously these values disagree clearly with the real values for these species (see Ruiz-Garcia, 2004) because they are extremely small. Nevertheless, the values for *A. seniculus*-*L. lagotricha* with D5S111 was 39.000 individuals, whereas for *C. albifrons*-*A. fusciceps* with AP74 was 27.500 individuals, which agree substantially with the values obtained for other population genetics methods. Thus the evidence in favor our thesis is strong.

The last procedure carried out was a regression analysis employing linear, logarithmic, exponential and power approaches between all possible combination pairs of four statistics, the mean allele size (in repeat tandems), the variance of the allele size (in repeat tandems), the expected heterozygosity (= gene diversity) and the average number of alleles per locus (Table 6). This analysis could reveal two main aspects of the evolution of the microsatellites. On one hand, if some significant relationship is detected between these statistics it could add more data in favor of no strictly neutral evolution of microsatellites depending of its own structure. Several authors have shown data, for example, in order to demonstrate that the higher is the size of a microsatellite, the higher is its gene diversity because the higher is its mutation rate (Amos & Rubinsztein, 1996; Crawford *et al.*, 1998; Rubinsztein *et al.*, 1995; Schlotterer & Harr, 2000; Schlotterer *et al.*, 1998; Schug *et al.*, 1997), although other authors do not agree with this view (Ellegren *et al.*, 1995, 1997). On the other hand, we have undertaken this analysis including and excluding the AP68 and the AP40 microsatellites for the four species selected for this analysis, *Cebus albifrons*, *Cebus apella*, *Lagothrix lagotricha* and *Alouatta seniculus*. Initially we hope that in those species (the first three) where there is a strong different molecular dynamic for both microsatellites in regard to the rest of the microsatellites studied, the regression and correlation analyses will be very different including and excluding AP68 and AP40, meanwhile in the last species the results of both analyses should be very similar because the AP68 and AP40 molecular dynamics is similar to the other microsatellites employed.

The results of adding new data for the first main question are as follows:

(1) Each one of the species studied presented significant correlations among these four statistics but in a different manner. The unique significant correlation identical for the four species studied was among the average number of alleles per locus and the heterozygosity (more alleles, more heterozygosity). *Cebus albifrons* yielded significant negative correlations among the mean allele size and the heterozygosity and the mean allele size and the average allele number per locus, whereas significant positive correlations were found among the variance of allele size and the number of alleles and this first statistics and the heterozygosity. *Cebus apella* showed a significant positive correlation among the mean allele size and the variance of allele size for the analysis excluding AP68 and AP40. *Lagothrix lagotricha* showed significant negative correlations among the mean of allele size and the variance of allele size, among the mean allele size and the number of alleles and a significant positive correlation among the variance of allele size and the number of alleles. Finally for *Alouatta seniculus*, a significant negative correlation was detected among the mean allele size and the variance of allele size. Thus no evident data was shared light in favor of a higher allele size is, the highest variance and heterozygosity is found, with the exception of *Cebus apella*.

(2) Effectively as it was expected by us, the different constrictive selective or mutation pattern of AP68 and AP40 in *Alouatta seniculus* versus the other three species was revealed by this analysis. For *Cebus albifrons*, the statistical significance of three correlations including both microsatellites disappeared when excluding them. For *Cebus apella*, when excluding both markers, appeared a significant correlation, meanwhile for *Lagothrix lagotricha*, 4 correlations changed their statistical significance including or excluding AP68 and AP40. On the contrary, for *Alouatta seniculus* no changes were detected including or excluding both microsatellites, which reveals that both markers have a similar contribution to other microsatellites for these regression and correlation analyses, suggesting that those evolutionary molecular constraints presented in the other New World monkeys have disappear in *Alouatta seniculus*.

In fact, other authors suggest that natural selection controls the level of microsatellite diversity (Stephan & Cho, 1994; Li et al., 2000). Stephan & Cho (1994) claimed that unequal crossing over is a dominant long-range ordering force keeping these arrays homogeneous even in regions of very low recombination rates, that replication slippage may cause microsatellite variation, but unequal crossing over does not act on very short tracts of microsatellites as well as natural selection plays an essential role in controlling the length of a repeat tandem. It is interesting to quote briefly some other cases where natural selection seems to play a fundamental role in the microsatellite dynamics to point out that our examples with Neotropical primates are not exceptional cases. Li et al., (2000) showed that edaphic factors may affect microsatellite variation in wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*) either directly (selection) or indirectly (influencing mutational mechanisms or hitchhiking). In that study, replication slippage seems to be the most important mutational mechanism, which might be affected by edaphic stresses through interference in replication and recombination of chromosomes of wheat, hence on microsatellite diversity. Other authors, as King & Soller (1999), affirmed that many microsatellites are functionally integrated within the genome, therefore any changes in tract length can exert a quantitative regulatory effect on gene transcription activity and thus in adaptive potential. They showed that repeat tandems control transcription activity of Ultrabithorax, *msp26* and *actin5C* genes in *Drosophila* as well as the transcription activity in the prolactin gene in rat. Caudrado & Schwarzacher (1998) showed gene heterogeneity in different chromosomes of a same organism which may also be explained by functional importance of microsatellites in chromosome organization. Li et al., (2000) showed that all the microsatellite employed by them were largest in one of the three wheat populations studied, suggesting that the GWM361 microsatellite was monomorphic in only in one of the populations studied, whereas GWM415 was monomorphic in only one of the other populations studied.

They claimed that it may indicate differential environmental selective pressures in each one of the populations analyzed. In all the three wheat populations that they studied, monomorphism was found at the GWM601 locus, which could mean that this marker may be involved in some biological role in maintaining some characteristic of the wheat as could be in our case.

What evolutionary events are constraining the genetic diversity and the number of alleles at the AP68 marker? There are several feasible explanations to bring light on this phenomenon as follows:(1) A possibility is that by means of the high mutation rates per generation affecting this kind of molecular markers ( $10^{-3}$  and  $10^{-4}$  for microsatellite with dinucleotide repetition tandems as this), the major part of the genera of the three or four Neotropical primate families have randomly converged to alleles of a same size. This could be consistent with that claimed by Nauta & Weising (1996), where the high mutations levels could be an homogenizing factor between populations and species if there are size constraints for the microsatellite evolution and if the effective size of the populations is important to prevent the heterogeneity effects of gene drift. Nevertheless, this hypothesis does not seem to be no effective to explain why the allele number at this microsatellite locus is so reduced for the species and genera surveyed, clearly in contradiction to that found for the other microsatellite of the same nature applied to these same species (AP6, AP74, D5S111, D5S117, D6S260, D8S165, D14S51, D17S804, PEPC3, PEPC8, PEPC40 and PEPC59). Likely, the Nauta & Weising (1996) model denotes a constraint for the evolution of allele size, which we are claiming, and the effective numbers of the major part of Platyrrhine species are clearly limited and thus the effect of gene drift cannot be discarded. With all this kept in mind, this explanation seems to be not explicative at all.

(2) The results found here may allow us to think that the original size of this microsatellite in the Platyrrhine origin was 166 or 168 bp, because it is not parsimonious to think that many different species from the main Neotropical primate arrays have independently arrived to the same allele sizes no generating other different alleles. Thus another possible explanation is negative natural selection or there might be physical mutational constraints on the genome area where AP68 is located. In the Platyrrhine primate origin could be taking place purifying (background) selection, whether this marker is placed in a low recombination area, where the continuous input of deleterious mutations can reduce the neutral variability of linked loci, such as might be the case of the AP68 marker. Natural selection of this kind might be constraining the size and the amount alleles in a microsatellite given. Adding credence and supporting this suspicion, other researchers have put in evidence for selection acting upon diverse areas of several different genomes. Fisher (1930) showed that genes which encode important proteins are located in low recombination regions and by hitchhiking they could maintain other linked

genetic loci with a very restricted allele variation. Charlesworth & Langley (1991) determined, in *Drosophila*, that both transposons and repetitive elements appear to be clustered in regions of low recombination in many cases. Begun & Aquadro (1992) and Aquadro *et al.*, (1994) found a positive correlation between recombination rate and DNA sequence variation across the genome of *Drosophila melanogaster*. Lately, Charlesworth *et al.*, (1993) demonstrated that this type of correlation is consistent with the effects of a continual input of deleterious mutations in regions of low recombination, reducing neutral variability at linked loci, as could be the case for. Hence, the AP68 microsatellite could be situated near to some highly conserved gene in a low recombination region and/or its own molecular characteristics are highly insensitive to mutations. It is possible that it could be highly conserved because it is exerting a quantitative regulatory effect on gene transcription activity and thereby has adaptative fitness as discussed above.

Although this basic fixation for alleles of 166 and 168 bp discards to the AP68 locus as a potential molecular trait for studies in populations genetics and phylogenetics of many Neotropical primate species, one outstanding aspect is still proportioned by the evolution of this marker. Schneider *et al.*, (2001) pointed out that two major aspects remained to be clarified in the Platyrrhine phylogeny. Firstly the exact relationship between *Aotus*, *Cebus*, *Saimiri* and the Callitrichines and secondly which of the Atelidae, Pitheciidae and Cebidae families conformed the closest relationship. The evolution of AP68 does not exactly reveal which is the relationship among the first three genera but gives some evidence in favor of a higher relationship of the Pitheciidae with a genus as *Cebus* than with the Atelidae and additionally favors the idea that some genera as *Lagothrix* and *Brachyteles* represent the original branch of the Atelidae, whereas *Alouatta* and *Ateles* are two derived forms of this original branch.

Why does *Alouatta* and *Ateles* show a radical divergent genetic feature at the AP68 microsatellite when compared to other New World monkeys?. The marker in question could be located in a different genome region in the two genera mentioned above. For example, if this microsatellite is located in a high recombinant region and is not associated with a conservative gene, it could begin to accumulate new mutations and therefore the genetic variability could increase. Its behavior could begin to be neutral and unlinked to negative selective constraints. The fact that the number of alleles is generally higher in *Alouatta* than in *Ateles* indicates that more time has been available to accumulate mutations in the first genera than in the second. It is also possible that AP68 has remained at the same genome location as other Platyrrhines but the gene to which it is linked has changed its encode function by duplication, etc. Additionally, if this gene is submitted to the action of adaptive positive selection due to hitchhiking effect, AP68 could present an elevated allele number linked to the diverse alleles of the encoding gene.

Table 6. Regression and correlation analyses between four statistics, Mean Allele size in repeat numbers (mean), Variance of Allele size in repeat numbers (var), Heterozygosity (heter) and Average number of Alleles per locus (nalle). The analysis was carried out for four species, *Cebus albifrons*, *Cebus apella*, *Lagothrix lagotricha* and *Alouatta seniculus*. \*  $P < 0.05$ . Difference indicates those correlation coefficients which change their values depending of the inclusion or exclusion of the AP68 and AP40 loci. Only *Alouatta seniculus* did not show any change, which indicates that this is the species where negative selection or mutation constrictions is less important for both microsatellites.

Regression combination		Microsatellite analysis with all the markers	Microsatellite analysis without AP40 and AP68
<b><u>Cebus albifrons</u></b>			
VAR-MEAN	Linear	var = -0.589 mean + 121.405 r = -0.199	var = 1.297 mean - 164.996 r = 0.390
	Logarithmic	var = 450.264 - 83.429ln (mean) r = 0.177	var = -1014.003 + 208.36ln (mean) r = 0.405
HETER-MEAN	Linear	heter = -0.026 mean + 4.806 r = -0.637*	difference heter = 0.0023 mean + 0.524 r = 0.263
	Logarithmic	heter = 21.095 - 4.031ln (mean) r = -0.621*	difference heter = -1.057 + 0.385ln (mean) r = 0.283
NALLE-MEAN	Linear	nalle = -0.277 mean + 50.808 r = -0.406	nalle = -0.1233 mean + 27.614 r = -0.142
	Exponential	nalle = -0.058 e <sup>(43673.74 mean)</sup> r = -0.622*	difference nalle = -0.0159 e <sup>(72.738 mean)</sup> r = -0.181
	Power	nalle = 19172084 mean <sup>-8.931</sup> r = -0.603*	difference nalle = 423259.38 mean <sup>-2.21</sup> r = -0.182
NALLE-VAR	Linear	nalle = 0.1274 var + 2.667 r = 0.552	nalle = 0.0988 var + 4.377 r = 0.379
	Exponential	nalle = 0.0219 e <sup>(2.0304 var)</sup> r = 0.693*	difference nalle = 0.0124 e <sup>(3.655 var)</sup> r = 0.471
HETER-VAR	Linear	heter = 0.0098 var + 0.343 r = 0.715*	heter = 0.0022 var + 0.800 r = 0.849*
HETER-NALLE	Linear	heter = 0.034 nalle + 0.3978 r = 0.568	heter = 0.00813 nalle + 0.821 r = 0.800*
	Logarithmic	heter = 0.1402 + 0.353ln (nalle) r = 0.803*	heter = 0.737 + 0.0843ln (nalle) r = 0.842*
<b><u>Cebus apella</u></b>			
VAR-MEAN	Linear	var = 2.044 mean - 266.997 r = 0.4056	difference var = 3.464 mean - 450.777 r = 0.679*
	Logarithmic	var = 284.193ln (mean) - 1374.632 r = 0.389	difference var = -2285.746 + 471.95ln (mean) r = 0.644*
HETER-MEAN	Linear	heter = 1.373 mean + 1.373 r = -0.386	heter = -0.0081 mean + 0.683 r = -0.092
	Logarithmic	heter = 4.611 - 0.829ln (mean) r = -0.366	heter = 1.064 - 0.1008ln (mean) r = -0.079
NALLE-MEAN	Linear	nalle = -0.0153 mean + 4.679 r = -0.231	nalle = 0.00088 mean + 2.529 r = 0.015
	Exponential	nalle = -0.0081 e <sup>(7.215 mean)</sup> r = -0.296	nalle = 0.0008 e <sup>(2.196 mean)</sup> r = 0.045
	Power	nalle = 416.778 mean <sup>-1.057</sup> r = -0.265	nalle = 0.9055 mean <sup>0.2013</sup> r = 0.075
NALLE-VAR	Linear	nalle = 0.00406 var + 1.005 r = 0.308	nalle = 0.00105 var + 2.678 r = 0.091
	Exponential	nalle = 0.0021 e <sup>(1.737 var)</sup> r = 0.387	nalle = 0.00044 e <sup>(2.402 var)</sup> r = 0.123
HETER-VAR	Linear	heter = 0.0015 var + 0.323 r = 0.486	heter = 0.00053 var + 0.512 r = 0.305
HETER-NALLE	Linear	heter = 0.196 nalle - 0.023 r = 0.836*	heter = 0.1177 nalle + 0.243 r = 0.777*
	Logarithmic	heter = 0.0534 + 0.532ln (nalle) r = 0.936*	heter = 0.196 + 0.394ln (nalle) r = 0.813*

Lagotrix lagotricha

VAR-MEAN	Linear	var = -4.187 mean + 734.369 r = -0.803*	difference	var = 0.255 mean + 8.487 r = 0.0278
	Logarithmic	var = 8557.034 - 688.343ln (mean) r = -0.806*	difference	var = -62.909 + 22.507ln (mean) r = 0.345
HETER-MEAN	Linear	heter = -0.0188 mean + 3.753 r = -0.462	difference	heter = -0.0061 mean + 1.821 r = -0.759*
	Logarithmic	heter = 16.501 - 3.107ln (mean) r = -0.464	difference	heter = 5.976 - 1.012ln (mean) r = -0.766*
NALLE-MEAN	Linear	nalle = -0.2205 mean + 40.668 r = -0.810*	difference	nalle = 0.0019 mean + 4.564 r = 0.052
	Exponential	nalle = -0.0551 e <sup>(30590.417 mean)</sup> r = -0.658*	difference	nalle = -0.000042 e <sup>(4.505 mean)</sup> r = -0.006
	Power	nalle = 4906342 mean <sup>-9.093</sup> r = -0.662*	difference	nalle = 3.762 mean <sup>0.036</sup> r = 0.071
NALLE-VAR	Linear	nalle = 0.0360 var + 2.554 r = 0.708*	difference	nalle = 0.029 var + 2.923 r = 0.922*
	Exponential	nalle = 0.0105 e <sup>(2.114 var)</sup> r = 0.654*	difference	nalle = 0.0056 e <sup>(3.114 var)</sup> r = 0.893*
HETER-VAR	Linear	heter = 0.00449 var + 0.444 r = 0.574	difference	heter = 0.0012 var + 0.747 r = 0.788*
HETER-NALLE	Linear	heter = 0.1203 nalle + 0.139 r = 0.802*	difference	heter = 0.033 nalle + 0.646 r = 0.877*
	Logarithmic	heter = 0.0849 + 0.463ln (nalle) r = 0.949*	difference	heter = 0.546 + 0.174ln (nalle) r = 0.902*

Alouatta seniculus

VAR-MEAN	Linear	var = -0.582 mean + 116.466 r = -0.525*	difference	var = -0.626 mean + 127.571 r = -0.602*
	Logarithmic	var = 564.86 - 106.619ln (mean) r = -0.557*	difference	var = 598.258 - 112.475ln (mean) r = -0.628*
HETER-MEAN	Linear	heter = 0.0026 mean + 0.099 r = 0.157	difference	heter = 0.00113 mean + 0.477 r = 0.185
	Logarithmic	heter = -1.308 - 0.363ln (mean) r = 0.125	difference	heter = -0.1405 + 0.158ln (mean) r = 0.149
NALLE-MEAN	Linear	nalle = 0.044 mean - 4.262 r = 0.417	difference	nalle = 0.0379 mean - 2.678 r = 0.470
	Exponential	nalle = 0.01107 e <sup>(0.428 mean)</sup> r = 0.294	difference	nalle = 0.00819 e <sup>(0.879 mean)</sup> r = 0.370
	Power	nalle = 0.00047 mean <sup>1.692</sup> r = 0.260	difference	nalle = 0.00448 mean <sup>1.301</sup> r = 0.341
NALLE-VAR	Linear	nalle = 0.0397 var + 2.931 r = 0.415	difference	nalle = 0.0198 var + 3.66 r = 0.255
	Exponential	nalle = 0.0155 e <sup>(2.395 var)</sup> r = 0.459	difference	nalle = 0.0065 e <sup>(3.33 var)</sup> r = 0.308
HETER-VAR	Linear	heter = 0.00758 var + 0.456 r = 0.498	difference	heter = 0.00286 var + 0.628 r = 0.484
HETER-NALLE	Linear	heter = 0.136 nalle + 0.087 r = 0.858*	difference	heter = 0.0689 nalle + 0.401 r = 0.904*
	Logarithmic	heter = 0.094 + 0.429ln (nalle) r = 0.957*	difference	heter = 0.329 + 0.264ln (nalle) r = 0.951*

We can briefly point out that *Alouatta* as well as *Ateles* have suffered important chromosomal rearrangements. Figueredo *et al.*, (1998) showed that two *Alouatta seniculus* populations have different diploid number ( $2n = 47, 48, 49$ ). Some populations of this species present translocations at the 2 and 20 chromosomes (Lima *et al.*, 1990; Lima & Seuánez, 1991). Even, *A. seniculus* has a sexual chromosome pattern ( $X_1X_2Y_1Y_2/X_1X_1X_2X_2$ ) noteworthy thus far (Lima & Seuánez, 1991). Consiglieri *et al.*, (1998) hybridized whole human chromosome specific probes to metaphases of *A. belzebul* showing that this species has a highly rearranged genome and that the human chromosome homologs are often fragmented and translocated. Additionally, nine human chromosome probes gave multiple signals on different *A. belzebul* chromosomes illustrating that their synteny is disturbed in this species. Furthermore, numerous interchromosomal rearrangements differentiate diverse *Alouatta* taxa: *A. belzebul* has six unique apomorphic associations meanwhile *A. sara* and *A. arctoidea* share seven derived associations, having the first species four apomorphic associations and the second one, seven. Another example reported by Suemitsu *et al.*, (2000) with *A. fusca clamitans* is eloquent. Diverse diploid numbers have been found ( $2n = 52, 50, 49, 45$  and  $46$ ) with the odd number due to Y-autosome translocations. Robertsonian rearrangements and pericentric inversions were identified as the most important events in the differentiation of the observed cytotypes. Therefore this extreme chromosomal reorganization in *Alouatta* could easily facilitate a new genome localization for the AP68 and the AP40 microsatellites in regions with a higher recombination rate in contrast to that found in the other New World monkeys.

Otherwise, *Ateles* presents the most differentiated chromosome number of all the Platyrrhines, with 32 chromosomes due to successive chromosome fusions (Dutrillaux *et al.*, 1986). Note that this fact also introduces possibilities for a change of genome emplacement for both AP68 and AP40 microsatellite loci.

In the case of AP40, we must remember that this is a compound microsatellite. Different patterns of diversity have been observed between compound and simple perfect microsatellites because the first are involved in more complex evolutionary processing than perfect simple microsatellites (Orti *et al.*, 1997). Some evidence suggests that compound microsatellites may conform more closely to an "infinite allele mutation model" because of the larger number of potentially achievable allele states (Feldman *et al.*, 1997). Nevertheless, AP40 does not conform to this idea.

It is thus observed that molecular markers, such as AP68 and AP40, are not good supporters from a phylogenetic perspective, although they are extremely useful from the standpoint of the evolutionary molecular reconstruction processes to which these markers have been submitted and this highlights several evolutionary aspects of the Platyrrhine species.



## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors emphatically thank the supported and the help received from several points of view. In first place, thanks go to the strong help given by Fernando Nassar (Fundación Araguatos, Bogotá, Colombia), Jorge Gardeazabal (Fundación Zoológica de Cali, Colombia), Amador Avila (WSPA, Bogotá, Colombia), Luis Carrillo (Fundación zoológica de Barranquilla, Colombia), Ricardo Botero (Zoologico de Pereira, Colombia), Luz Mercedes Botero and Marcela Ramirez (Zoologico Santa Fe de Medellin, Colombia), Dr. Jhon Mario Gonzalez (Pontificia Universidad Javeriana) and Dr. Socrates Herrera (Universidad de Cali), for providing *Aotus lemurinus* samples, and the Huitotos, Jaguas and Ticuna Indian tribes to collaborate in sampling Colombian primates. In identical way, we appreciate the help of Hugo Galvez (Centro de Primatologia de Iquitos) in Peru, Dr. F. Catzeflis (University of Montpellier, France) and J. C. Vie for providing samples of *Saguinus midas* and *Alouatta macconelli* from French Guyana, Dr. Marta Mudry (Universidad de Buenos Aires), for providing samples of *Alouatta caraya* from northern Argentina, Andres Eloy Bracho (Venezuela), for Venezuelan *Ateles hybridus* samples, Dr. Alcides Pissinati (Director of the Centro de Primatologia do Rio de Janeiro, Brazil), for *Leontopithecus* and *Brachyteles arachnoides* hair samples, Dr. Gustavo Gutierrez (Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica), for *Alouatta palliata* DNA samples, Armando Castellanos and Leonardo Arias (Fundacion Espiritu del Bosque, Quito) for *Ateles fusciceps fusciceps* hair samples from Ecuador, Connie Stelle (Universidad Nacional de Colombia, Bogota) for *A. geoffroyi* hair samples and M. Lucia Gomes (Zoologico do Curitiba, Brazil) for *Brachyteles arachnoides* and *Ateles chamek* hair samples. Also thanks go to Drs. Hoelzel and Ellsworth, whom sent us little amounts of microsatellite primers to begin this type of studies in Colombia and to analyze if they could amplify in other different Neotropical primates to those they had studied. Finally thanks to the Pontificia Javeriana University Science Faculty Dean, Dr. Corredor, for supporting this kind of investigation.

## REFERENCES

- ALVAREZ, D., NOOR, M. & RUIZ-GARCIA, M. 2002. Comparative genetic structure between populations of Colombian and North-American *Drosophila pseudoobscura* using five microsatellite loci: gene flow, time of divergence, and effective numbers of the Colombian populations. *Biotropica* 38: 81-92.
- AMOS, W. & RUBINSZTEIN, D. C. 1996. Microsatellites are subject to directional evolution. *Nature Genetics*, 12: 13-14.
- AQUADRO, C. F., BEGUN, D. J. & KINDHAL, E. C. 1994. Selection, recombination, and DNA polymorphism in *Drosophila*. In B. Golding (Ed.). *Non-neutral Evolution: Theories and Molecular data*. Chapman and Hall, New York. P. 46-56.

- BEGUN, D. J. & AQUADRO, C. F. 1992. Levels of naturally occurring DNA polymorphism correlate with recombination rates in *D. melanogaster*. *Nature*, 356: 519-520.
- BLANQUER-MAUMONT, A. & CROUAU-ROY, B. 1995. Polymorphism, monomorphism, and sequences in conserved microsatellites in primate species. *Journal of Molecular Evolution*, 41: 492-497.
- CANAVEZ, F. C., MOREIRA, M.A.M, LADASKY, J.J., PISSINATI, A., PARHAM, P. & SEUANEZ H. N. 1999. Molecular phylogeny of New World Primates based on  $\gamma$ 2-microglobulin DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 12: 74-82.
- CAUDRADO, A. & SCHWARZACHER, T. 1998. The chromosomal organization of simple sequence repeats in wheat and rye genomes. *Chromosoma*, 107: 587-594.
- CAVALLI-SFORZA, L. L. & EDWARDS, A. W. F. 1967. Phylogenetic analysis: models and estimation procedures. *Evolution*, 21: 550-570.
- CHARLESWORTH, B. & LANGLEY, C. H. 1991. Population genetics of transposable elements in *Drosophila*. In R. K. Selander, A. G. Clark & T. S. Whitham (Eds). *Evolution at the molecular level*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts. P. 150-176.
- CHARLESWORTH, B., MORGAN, M. T. & CHARLESWORTH, D. 1993. The effects of deleterious mutations on neutral molecular variation. *Genetics*, 134: 1289-1303.
- CONSINGLIERI, S., STANYON, R., KOEHLER, U., ARNOLD, N. & WIENBERG, J. 1998. In situ hybridization (FISH) maps chromosomal homologies between *Alouatta belzebul* (Platyrrhini, Cebidae) and other primates reveals extension interchromosomal rearrangements between howler monkey genomes. *American Journal of Primatology*, 46: 119-133.
- CORTES-ORTIZ, L., BERMINGHAM, E., RICO, C., RODRIGUEZ-LUNA, E., SAMPAIO, I. & RUIZ-GARCIA, M. 2003. Molecular systematics and biogeography of the Neotropical monkey genus, *Alouatta*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 26: 64-81.
- CRAWFORD, A. M., KAPPES, S. M., PATERSON, K. A., DE GOTARI, M. J., DODDS, K. G., FREKING, B. A., STONE, R. T. & BEATTIE, C. W. 1998. Microsatellite evolution: testing the ascertainment bias hypothesis. *Journal of Molecular Evolution*, 46: 256-260.
- DOVER, G. 1995. Slippery DNA runs on and on and on ... *Nature Genetics*, 10: 256-256.
- DUTRILLAUX, B., COUTURIER, J. & VIEGAS-PEQUIGNOT, E. 1986. Evolution chromosomique des Platyrrhiniens. *Mammalia*, 50: 56-81.
- ELLEGREN, H., PRIMMER, C. R., SHELDON, B. C. 1995. Microsatellite "evolution" : directionality or bias. *Nature Genetics*, 11: 360-362.
- ELLEGREN, H., MOORE, S., ROBINSON, N., BYRNE, K., WARD, W. & SHELDON, B. C. 1997. Microsatellite Evolution -A reciprocal study of repeat lengths at homologous loci in cattle and sheep. *Molecular Biology and Evolution*, 14:854-860.
- ELLSWORTH, J. A., & HOELZER G. A. 1998. Characterization of microsatellite loci in a New World Primate, the mantled howler monkey (*Alouatta palliata*).

- Molecular Ecology, 7: 657-658.
- ESCOBAR PARAMO, P. 2000. Microsatellite primers for the wild brown capuchin monkey, *Cebus apella*. Molecular Ecology, 9: 107-108.
- FELDMAN, M. V., BERGMAN, A., POLLOCK, D. D. & GOLDSTEIN, D. B. 1997. Microsatellite genetic distances with range constraints: analytic description and problems of estimation. Genetics, 145: 207-216.
- FIGUEIREDO, W. S., CARVALHO-FILHO, N. M., SCHNEIDER, H. & SAMPAIO, I. 1998. Mitochondrial DNA sequences and the taxonomic status of *Alouatta seniculus* populations in northeastern Amazonia. Neotropical Primates, 6: 73-77.
- FISHER, R. A. 1930. *The genetical Theory of Natural Selection*. Oxford University Press.
- FITZSIMMONS, N. N., MORITZ, C. & MOORE, S. S. 1995. Conservation and dynamics of microsatellite loci over 300 million years of marine turtle evolution. Molecular Biology and Evolution, 12: 432-440.
- GARZA, J. C., SLATKIN, M. & FREIMER, N. B. 1995. Microsatellite allele frequencies in humans and chimpanzees, with implications for constraints on allele size. Molecular Biology and Evolution, 12: 596-630.
- GOLDSTEIN, D. B., RUIZ-LINARES, A., CAVALLI-SFORZA, L. L. & FELDMAN, W. 1995. Genetic absolute dating based on microsatellites and the origin of modern humans. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 92: 6723-6727.
- GOWER, J.C. 1966. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. Biometrika, 53: 325-338.
- GRATIVOL, A. D., BALLOU, J. D. & FLEISCHER, R. C. 1999. Variacao intra e interpopulacional em microsateélites de micos-leoes-dourados (*Leontopithecus Rosalia*) recentemente isolados. In Livro de resumos del IX congresso Brasileiro da Primatologia, p. 80.
- HERNANDEZ-CAMACHO, J. & COOPER, R. W. 1976. The nonhuman Primates of Colombia. In Neotropical Primates: fields studies and conservation. P. 35-69.
- HERSHKOVITZ, P. 1977. Living New World Monkeys. University of Chicago Press, Chicago.
- HILL W. C. O. 1962. Evolutionary Biology of the Primates. Academic Press, New York.
- HOROVITZ, I., ZARDOYA, R. & MEYER A. 1998. Platyrrhine systematics: A simultaneous analysis of molecular and morphological data. American Journal of Anthropology 106: 261-281.
- KASHI, Y., KING, D. & SOLLER, M. 1997. Simple sequence repeats as a source of quantitative genetic variation. Trends Genet., 13: 74-78.
- KELLOGG, R. & GOLDMAN, E. A. 1944. Review of the spider monkeys. Proc. U.S. Nat. Mus., 96: 1-45.
- KELLY, R., GIBBS, M., COLLICK, A. & JEFFREYS, J. 1991. Spontaneous mutation at the hypervariable mouse minisatellite locus Ms6-hm: flanking DNA sequence and analysis of germline and early somatic events. Proc. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci., 245: 235-245.
- KING, D. & SOLLER, M. 1999. Variation and fidelity: the evolution of simple sequence repeats as functional elements in adjustable genes. Pp 65-82. In Wasser, S. P. (Ed.), Evolutionary theory and processes: modern perspective,

- papers in honor of Eviatar Nevo. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands.
- KRUSKAL, J. B. 1964a. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29: 1-27
- KRUSKAL, J. B. 1964b. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*, 29: 28-42
- LI, Y., FAHIMA, T., KOROL, A. B., PENG, J., RODER, M. S., KIRZHNER, V., BEILES, A., NEVO, E. 2000. Microsatellite diversity correlated with ecological-edaphic and genetic factors in three microsites of wild emmer wheat in North Israel. *Molecular Biology and Evolution*, 17: 851-862.
- LIMA, M. M. C., SAMPAIO, M. I. C., SCHNEIDER, M. P. C., SCHEFFRAHN, W., SCHNEIDER, H. & SALZANO, F. M. 1990. Chromosome and protein variation in Red Howler monkeys. *Brazilian Journal of Genetics*, 13: 789-802.
- LIMA, M. M. C. & SEUANEZ, H. N. 1991. Chromosome studies in the Red Howler monkey, *Alouatta seniculus stramineus* (Platyrrhini: Primates): description of an X1X2Y1Y2/X1X1X2X2 sex-chromosome system and karyological comparison with other subspecies. *Cytogenet. Cell Genet.*, 57: 151-156.
- MEIREILES, C. M., CZELUSNIAK, J., SCHNEIDER, M.P.C., MUNIZ, J.A.P.C., BRIGIDO, M.C., FERREIRA, H.S. & GOODMAN, M. 1999. Molecular phylogeny of Ateline New World monkey (Platyrrhini, Atelinae) based on  $\gamma$ -globin gene sequences: Evidence that *Brachyteles* is the sister group of *Lagothrix*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 12: 10-30.
- MORAN, P. A. P. 1975. Wandering distributions and the electrophoretic profile. *Theor. Popul. Biol.*, 8: 318-330.
- NAUTA, M. J. & WEISSING, F. J. 1996. Constraints on allele size at microsatellite loci: implications for genetic differentiation. *Genetics*, 143: 1021-1032.
- NEI, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89: 583-590.
- ORTI, G. D., PEARSE, D. & AVISE, J. C. 1997. Phylogenetic assessment of length variation at a microsatellite locus. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 94: 10745-10749.
- PORTER, C.A., CZELUSNIAK, J., SCHNEIDER, H., SCHNEIDER, M.P., SAMPAIO, I. & GOODMAN, M. 1997. Sequences of the primate  $\gamma$ -globin gene: implications for systematics of the maormosets and other New World primates. *Gene* 205: 59-71.
- PREVOSTI, A. 1974. La distancia genética entre poblaciones. *Misc. Alcobé. Publicacions de l'Universitat de Barcelona*, 109-118.
- ROGERS, J., WITTE, S. M. & SLIFFER, M. A. 1995. Five new microsatellite DNA polymorphisms in squirrel monkey (*Saimiri boliviensis*). *American Journal of Primatology*, 36: 151.
- ROSENBERGER, A. L. 1984. Fossil New World monkeys dispute the molecular clock. *Journal of Human Evolution* 13: 737-742.
- RUBINSZTEIN, D. C., AMOS, W., LEGGO, J., GOODBURN, S., JAIN, S., LI, S-H., MARGOLIS, R. L., ROSS, C. A. & FERGUSON-SMITH, M. A. 1995. Microsatellite evolution—evidence for directionality and variation in rate between species. *Nature Genetics*, 10: 337-343.

- RUIZ-GARCIA, M. 2001. The use of several Microsatellite loci applied to eight Neotropical Primates revealed a strong recent bottleneck event in the Wolly monkey (*Lagothrix lagotricha*) in Colombia. *Journal of Heredity* (in press).
- RUIZ-GARCIA, M. 2002a. Molecular population genetic analysis of the spectacled bear (*Tremarctos ornatus*) in the Northern Andean Area. *Hereditas* 138:81-93.
- RUIZ-GARCIA, M. 2002b. The molecular evolution of the AP68 microsatellite marker reveals the exact phylogeny of the Atelidae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, (in press).
- RUIZ-GARCIA, M. 2004. The use several microsatellite loci applied to eight Neotropical Primates Revealed a strong recent bottleneck event in the wooly monkey (*Lagothrix lagotricha*) in Colombia. *Primate Conservation* (in press).
- RUIZ-GARCIA, M., MARTINEZ-AGUERO, M. 2004. Striking correlations among genetic variability levels in diverse Neotropical Mammalian families (Felidae, Primates, Cervidae) measured with microsatellite loci and several morphological, ecological, physiological and demographic traits. *Molecular Ecology* (submitted).
- RUIZ-GARCIA, M., ALVAREZ, D., NASSAR, F., AVILA, A., ROJAS, S., GARDEAZABAL, J. 1999. Preliminary RFLPs mtDNA analysis in five Colombian primate species (*Cebus apella*, *Cebus albifrons*, *Saimiri sciureus*, *Lagothrix lagotricha* and *Alouatta seniculus*): mitochondrial genetic diversity analysis. *Acta Theriologica* 44: 79-94.
- RUIZ-GARCIA, M., CASTILLO, M. I., ALVAREZ, D., GARDEAZABAL, J., BORRERO, L. M., RAMIREZ, D. M., CARRILLO, L., NASSAR, F., GALVEZ, H. 2001. Estudio de 14 especies de Primates Platyrrinos (géneros *Cebus*, *Saimiri*, *Aotus*, *Saguinus*, *Lagothrix*, *Alouatta* y *Ateles*), utilizando 10 loci microsatélites: Análisis de la diversidad génica y de detección de cuellos de botella con propósitos conservacionistas. *Vida Silvestre Neotropical* (in press).
- RUIZ-GARCIA, M., ALVAREZ, D., CASTILLO, M. A. & AVILA, A. 2002. RFLPs mtDNA and 10 microsatellite DNA loci analyses in eight Primate genera (*Cebus*, *Saimiri*, *Aotus*, *Saguinus*, *Callimico*, *Alouatta*, *Lagothrix* and *Ateles*): Comparative phylogenetic inferences. *Neotropical Mammalogy*, (submitted).
- SAMPAIO, I., SCHNEIDER, M. P. C. & SCHNEIDER, H. 1996. The taxonomy of the *Alouatta seniculus* group: biochemical and chromosome data. *Primates*, 37: 67-75.
- SCHLOTTERER, C. & HARR, B. 2000. *Drosophila virilis* has long and highly polymorphic microsatellites. *Molecular Biology and Evolution*, 17: 1641-1646.
- SCHLOTTERER, C., RITTER, R., HARR, B., BREM, G. 1998. High mutation rates of a long microsatellite allele in *Drosophila melanogaster* provides evidence for allele-specific mutation rates. *Molecular Biology and Evolution*, 15: 1269-1274.
- SCHNEIDER, H., SCHNEIDER, M. P. C., SAMPAIO, I., HARADA, M. L., STANHOPE, M., CZELUSNIAK J. & GOODMAN, M. 1993. Molecular phylogeny of the New World monkeys (Platyrrhini, Primates). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 3: 225-242.
- 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  $\beta$ -globin sequences. *American Journal of Physical*

Anthropology 100: 153-179.

- SCHNEIDER, H., CANAVEZ, F. C., SAMPAIO, I., MOREIRA, M. A., TAGLIARO, & SEUANEZ, H. N. 2001. Can molecular data place each neotropical monkey in its own branch ?. *Chromosoma*, 109: 515-523.
- SCHUG, M. D., MACKAY, T. F. C. & AQUADRO, C. F. 1997. Low mutation rates of microsatellite loci in *Drosophila melanogaster*. *Nature Genetics*, 15: 99-102.
- SPATH, R. 1980. *Non hierarchical clusters*. Oxford University Press.
- STEPHAN, W., & CHO, S. 1994. Possible role of natural selection in the formation of tandem-repetitive noncoding DNA. *Genetics*, 136: 333-341.
- SUEMITSU, E., DA SILVA, A. F., SBALQUEIRO, I. J., DE OLIVEIRA. 2000. Geographical variation of chromosomal number in *Alouatta fusca clamitans* (Primates, Atelidae). *Caryologia*, 53: 163-168.
- VON DORNUM, M. & RUVOLO, M. 1999. Phylogenetic relationships of the New World monkeys (Primates, Platyrrhini) based on nuclear G6PD DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 11: 459-476.
- ZHIVOTOVSKY, L. A. & FELDMAN, M. W. 1995. Microsatellite variability and genetic distances. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 92: 11549-11552.
- ZHONG, F., BRADY, A. G., & SHI, J. 1996. Strategy using pooled DNA to identify 56 short tandem repeat polymorphisms for the Bolivian squirrel monkey. *Bio techniques*, 21: 580-586.

## BIOGEOGRAPHY OF AMAZONIAN PRIMATES

STEPHEN F. FERRARI

Departamento de Genética, Universidade Federal do Pará,  
Caixa Postal 8607, 66.075-900 Belém – PA (ferrari@ufpa.br)

### RESUMO

**Biogeografia dos primatas amazônicos.** A Amazônia detém a maior parte da diversidade de primatas neotropicais, cuja biogeografia é afetada por um complexo de fatores bióticos e abióticos, entre os quais os rios têm um papel fundamental como barreiras à dispersão. Outro padrão fundamental é um gradiente longitudinal de diversidade, caracterizado por um aumento progressivo de leste para oeste no número de espécies encontrado num dado sítio. Fatores ecológicos também são importantes; a distribuição de *Cacajao*, por exemplo, é restrita basicamente às florestas inundadas da Amazônia ocidental, enquanto a de *Chiropotes*, às de terra firme a leste dos rios Negro e Madeira. De um modo geral, existe uma relação entre o tamanho de um rio (largura e fluxo) e sua eficiência como barreira em termos do número e do tamanho corporal dos *taxa* influenciados. Entretanto, o baixo Amazonas constitui uma barreira para a dispersão de gêneros de grande (*Ateles*) e médio (*Pithecia*) porte, mas não para os pequenos *Saguinus* e *Saimiri*. Este e outras exceções apontam a influência de vários outros fatores, inclusive históricos. Em muitos casos, como os de *Cacajao* e *Chiropotes*, *Callithrix* e *Saguinus*, e até *Ateles* e *Lagothrix*, a competição intergenérica parece reforçar a influência de barreiras físicas. A competição parece reforçar, também, a influência de fatores ecológicos. No interflúvio Tocantins-Xingu, por exemplo, o limite meridional da distribuição de *Callithrix argentata* é determinado por um conjunto de fatores ecológicos, que inclui a competição com *Saguinus midas*. Na Amazônia ocidental, competição com outros atelídeos (*Ateles* e *Lagothrix*) parece ser um fator determinante da distribuição em mosaico de *Alouatta seniculus*. Enquanto levantamentos recentes têm revelado cada vez mais complexidade, a escassez de dados ainda impede uma análise mais definitiva dos padrões biogeográficos dos primatas amazônicos, principalmente no nível intragenérico. Pesquisas realizadas nos últimos anos em áreas remotas (muitas vezes possibilitadas pela implantação de estradas) têm tido resultados significativos, como a descoberta de *Cebus kaapori*, que aumentou consideravelmente a distribuição do grupo “sem tufo” deste gênero na Amazônia oriental. No nível de espécie, a resolução de questões taxonômicas – inclusive a identificação de formas ainda desconhecidas – será de uma importância fundamental, principalmente para a conservação da fauna de primatas do bioma.

**Palavras-chave:** Platyrrhini, biogeografia, Amazônia, barreiras fluviais, ecologia; taxonomia, conservação.

### ABSTRACT

A majority of Neotropical primate taxa are found in the Amazon basin, where their biogeography is influenced by a complex of biotic and abiotic factors, in particular rivers, which have a fundamental role as barriers to dispersal. One other basic pattern is a longitudinal gradient, characterised by a progressive east-west increase in the number of species encountered at a given site. Ecological factors are also important – the distribution of *Cacajao*, for example, is restricted basically to the flooded forests of western Amazonia, whereas *Chiropotes*, is found in terra firme forests to the east of the Negro and Madeira rivers. Overall, a relationship exists between the size of a river (width and flow rate) and its effectiveness as a barrier in terms of the number and body size of the taxa affected. However, the lower Amazon is a barrier to the dispersal of the large-bodied *Ateles* and the medium-sized *Pithecia*, but not to the much smaller *Saguinus* and *Saimiri*. This and other exceptions indicate the influence of a variety of additional factors, including historical ones. In many cases, such as those of *Cacajao* and *Chiropotes*, *Callithrix* and *Saguinus*, and even *Ateles* and *Lagothrix*, intrageneric competition appears to reinforce the influence of physical barriers. Competition also appears to reinforce the influence of ecological factors. In the Tocantins-Xingu interfluvium, for example, the southern limit of the distribution of *Callithrix argentata* is determined by a complex of ecological factors that include competition with *Saguinus midas*. In western Amazonia, competition with other atelids (*Ateles* and *Lagothrix*) appears to be a determinant of the patchy distribution of *Alouatta seniculus*. While recent surveys have revealed increasing complexity, the scarcity of data impedes a more definitive analysis of the biogeographic patterns of Amazonian primates, in particular at the intrageneric level. Recent research in remote areas (often made possible by the implantation of highways) have had significant results, such as the discovery of *Cebus kaapori*, which increased considerably the known distribution of the “untufted” group of this genus in eastern Amazonia. At the species level, the resolution of taxonomic questions – including the identification of as yet unknown forms – will be of fundamental importance, especially for the conservation of the biome’s primate fauna.

**Key words:** Platyrrhini, biogeography, Amazonia, riverine barriers, ecology, taxonomy, conservation.

### INTRODUCTION

Covering more than a third of South America, the Amazon basin can be characterised as a forested lowland equatorial floodplain whose major rivers are over ten kilometres in width. The influence of this river system on the biome’s



biological diversity was first recognised more than one hundred years ago (Wallace, 1876), although other factors, both biotic and abiotic, have received less attention until recently. With a total area of more than six million square kilometres, the Amazon basin encompasses a variety of climatic conditions and geomorphological formations between the foothills of the Andes to the west and the Atlantic Ocean to the east (Sioli, 1984; Salati, 1985). This variation is also reflected in all aspects of the diversity of the biome's fauna and flora.

There are Amazonian representatives (Table 1) of all platyrrhine genera except *Brachyteles* and *Leontopithecus*, which are endemic to the Brazilian Atlantic Forest, and *Callithrix*, whose distribution includes the central Brazilian *cerrado*. However, only four genera – *Alouatta*, *Aotus*, *Cebus* and *Saimiri* – are found throughout practically the whole of the Amazon basin (Hill, 1960, 1962; Hershkovitz, 1984; Hirsch *et al.*, 1991; Fernandes 1993; Emmons & Feer, 1997). A further four genera – *Ateles*, *Callicebus*, *Pithecia* and *Saguinus* – are widely distributed, but are all absent from two or three major interfluvia. The remaining genera have more restricted ranges, whose limits appear to be determined by a complex of factors in addition to riverine barriers, including intertaxon competition and habitat specialisations. Intrageneric sympatry is a rare phenomenon, and is known to occur in only three genera (*Callicebus*, *Cebus* and *Saguinus*). At the opposite extreme, there are at least three monospecific genera (*Callimico*, *Cebuella* and *Oreonax*).

Table 1. General categories of distribution of platyrrhine genera in the Amazon basin. Families according to Rylands *et al.* (2000).

Family	Distribution pattern:		
	Universal (found throughout the basin)	Ample (absent from two to three major interfluvia)	Restricted (absent from more than three major interfluvia)
Aotidae	<i>Aotus</i>		
Atelidae	<i>Alouatta</i>	<i>Ateles</i>	<i>Lagothrix</i> <i>Oreonax</i>
Callitrichidae		<i>Saguinus</i>	<i>Callimico</i> <i>Cebuella</i> <i>Mico</i>
Cebidae	<i>Cebus</i> <i>Saimiri</i>		
Pitheciidae		<i>Callicebus</i> <i>Pithecia</i>	<i>Cacajao</i> <i>Chiropotes</i>

The question of whether other monospecific genera exist introduces a fundamental problem for the analysis of the biogeography of Amazonian platyrrhines, which is the lack of a clear consensus on the systematics of this group at almost all levels of classification. While Schneider & Rosenberger (1996), for example, supported the inclusion of *Cebuella* in the genus *Callithrix*, on the basis of both morphological and genetic analyses, Rylands *et al.* (2000) – the classification followed here – place Amazonian marmosets in a distinct genus, *Mico*, and maintained *Cebuella*.

Disagreements on the interpretation of existing material and discoveries of new morphological forms take on a different scale at the intrageneric level. Once again, *Mico* is one of the best examples of both types of problem. In his classic review of the genus, Hershkovitz (1977) identified just two species, each with three subspecific forms, whereas de Vivo (1991), analysing virtually the same set of specimens, concluded that seven monotypic species occur in the Amazon. In subsequent years, discoveries of new forms in the wild (Ferrari & Lopes, 1992a; Mittermeier *et al.*, 1992; van Roosmalen *et al.*, 1998; Silva Jr. & Noronha, 1998), and the reinterpretation of existing material (Alperin, 1993; Ferrari *et al.*, 1999a) have resulted in a revised list of at least thirteen species (Moon, 2000), almost twice the number recognised at the start of the decade. Other genera, such as *Alouatta* (Groves, 1993; Gregorin, 1996; Figueiredo *et al.*, 1998; Rylands & Brandon-Jones, 1998), *Saguinus* (Hershkovitz, 1977; Mittermeier *et al.*, 1992; Ferrari, 1993a), and *Saimiri* (Thorington, 1984; Hershkovitz, 1985; Costello *et al.*, 1993; Boinski & Cropp, 1999), present similar problems. Despite refining scientific knowledge of a genus's diversity, such developments also tend to further complicate interpretation of biogeographic patterns at the species level.

An additional, related problem for the analysis of distribution patterns in the Amazon is the comparative lack of data available for most, if not all primate taxa in relation to the region's dimensions. In addition to being relatively few in number, until very recently, the vast majority of collecting localities have been clustered along the banks of major rivers (e.g. Hershkovitz, 1977, 1984, 1985, 1988, 1990). This has tended to overemphasise the influence of rivers as barriers to dispersal as well as obscuring local variations within interfluvia and the effects of other factors, together referred to here as "micro" patterns. Interpretation of the role of riverine barriers also has a strong influence on the systematics of Amazonian primates at the subgeneric level. Despite being detrimental to the conservation of Amazonian biodiversity by channelling human colonisation, the implantation of highways has provided a practical means of reaching previously inaccessible areas within interfluvia (e.g. Ferrari & Lopes, 1992b; Ferrari *et al.*, 1999b), principally *terra firme* ecosystems, which encompass the most diverse primate communities. Data from these areas provide increasingly detailed insights into the biogeography of Amazonian primates.

## “MACRO” PATTERNS

### Geomorphological Characteristics

A fundamental characteristic of the Amazon basin is its position in relation to the equator (Figure 1). The main Amazon channel flows west to east just south of the equator, in opposition to the prevailing winds. Most major tributaries thus flow primarily from higher to lower latitudes, i.e. either north or south towards the equator. The Amazon and its major tributaries originate in three distinct geological formations: the Andes to the west, the Brazilian shield to the south and the Guyanan shield to the north (Figure 1). In contrast with the Pre-Cambrian shield formations, the Andes were formed during the Miocene (Putzer, 1984). This difference is reflected in river characteristics (sediment charge, flow rate: Irion, 1984; Ayres & Clutton-Brock, 1992; Ayres, 1993), soil fertility (Schubart, 1983) and, ultimately, diversity patterns.

Amazonian rivers are classified in three basic categories on the basis of their nutrient charge (Ayres, 1993). “White-water” rivers, whose water is actually the colour of milky coffee, carry high concentrations of nutrient-rich sediments, typically from the Andes, and are thus concentrated in the western half of the Amazon basin. Major white water rivers include the Solimões, Juruá, Purús and Madeira (Figure 1). The distinct cola colouring of black water rivers – whose best example is the Negro – is produced by a suspension of nutrient-poor organic debris, whereas the transparency of clear-water rivers such as the Tapajós and the Xingú is the result of a scarcity of suspended particles, although this may vary seasonally. In contrast with white-water rivers, clear-water rivers originate typically in the geologically ancient shield formations, whose sediments have long since been leached out. Black-water rivers generally originate on tertiary sediments within the Amazon basin. While still poorly understood in functional terms, there is a marked correlation between the sediment charge of rivers, soil fertility (Schubart, 1983; Peres, 1997a, 1997b) and biodiversity, not only of primates, but of a number of other faunal groups (Wallace, 1876; Sick, 1987; Capparella, 1988; Ayres & Clutton-Brock, 1992). This is especially relevant to diversity gradients, which will be discussed in detail below.

While the transportation of nutrients is important, the primary biogeographic role of Amazonian rivers is that of barriers to dispersal. Rivers influence the dispersal patterns of various faunal groups, but are fundamentally important in the case of the platyrrhine primates, which are highly adapted for an arboreal way of life and rarely, if ever, come to the ground except under extreme or unusual circumstances. It thus seems likely that most, if not all river crossings are accidental and, consequently, rare events.

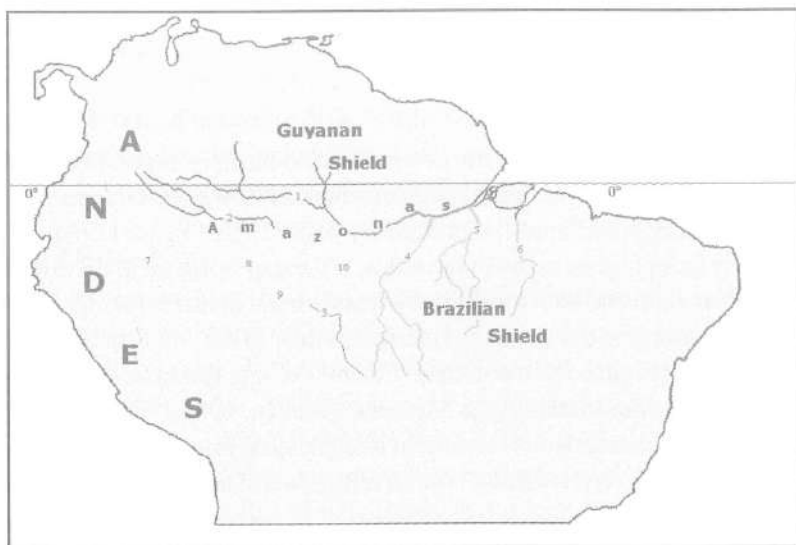


Figure 1. Principal rivers and geomorphological features of the Amazon basin. Key to rivers: [Blackwater] 1 = Negro; 2 = Japurá; 3 = Jiparaná; [Clearwater] 4 = Tapajós; 5 = Xingú; 6 = Tocantins; [Whitewater] 7 = Javará; 8 = Juruá; 9 = Purús; 10 = Madeira.

Ayres & Clutton-Brock (1992) analysed quantitatively the biogeographic role of Amazonian rivers, and found a strong, but not totally consistent relationship between the size and flow rate of rivers and their efficiency as barriers to the dispersal of primate taxa. In general, larger rivers influence a greater number of taxa, as well as affecting genera of larger body size. This also underlies a marked tendency for smaller-bodied taxa to have smaller geographic ranges, and vice versa. This is, however, a tendency rather than a strict rule and in fact the species with the most extensive range – *Cebus apella* – is medium-sized, while the geographic range of what is by far the smallest-bodied taxon (*Cebuella pygmaea*) rivals or exceeds that of some large-bodied atelines, such as *Ateles marginatus* and *Lagothrix lagothricha*.

The Amazon itself is one of the best examples of an exception to the general pattern. Initially, the similarity of the primate faunas on opposite banks of this river decreases moving downriver from the source, but begins to increase again closer to the estuary. At the river mouth, in addition, small-bodied taxa such as *Saguinus midas* and *Saimiri sciureus* are found on both banks, whereas the distribution of the large-bodied atelines *Alouatta* and *Ateles* is interrupted. The former is represented by distinct species north (*Alouatta seniculus*) and south (*Alouatta belzebul*) of the river, and *Ateles* occurs only on the north bank.

The most simple explanation for such incongruencies is that they are the result of "historical factors" (Ayres & Clutton-Brock, 1992). In the specific case

of *Ateles*, for example, the genus's present-day distribution in eastern Amazonia suggests not only that it originated in the northern or western part of the basin, but also that its radiation south and eastwards was simultaneous with, or subsequent to the formation of the Amazon and its major tributaries. Despite its plausibility, such an interpretation is speculative, although it is supported by some recent studies (Frøehlich *et al.*, 1991; Medeiros *et al.*, 1997).

### Distribution of Genera

In general, the Amazonian ranges of platyrrhine genera are relatively well delimited by major rivers (Tables 2 and 3). To a certain extent, the distribution patterns of the different genera within a given subfamily (Table 1) can be better understood in the context of their degree of ecological specialisation (see e.g. Terborgh, 1983; Garber, 1987). The five families can be divided loosely into four ecological guilds, ranging from the large-bodied specialised frugivore/folivores (Atelidae), through medium-sized generalists (Aotidae and Cebidae) and seed predators (Pitheciidae), to small-bodied insectivore/gummivores (Callitrichidae). Not surprisingly, the generalists are the most widely distributed (Table 1), whereas, overall, the more specialised genera within each group have increasingly reduced ranges.

Table 2. Geographic limits of platyrrhine genera amply distributed (see Table 1) in the Amazon basin.

Genus	Absent from:
<i>Ateles</i>	Southeastern Amazonia, east of Rio Xingú, south of Rio Amazonas;
<i>Callicebus</i>	Eastern Amazonia, east of Rio Tocantins (south of Rio Amazonas), and west of Rio Negro/Branco (north of Rio Amazonas);
<i>Pithecia</i>	Southeastern Amazonia, east of Rio Tapajós, south of Rio Amazonas;
<i>Saguinus</i>	Southern Amazonia, east of Rio Madeira/Jiparaná, west of Rio Xingú (south of Rio Amazonas).

The capuchins, *Cebus* spp., are ecological generalists *par excellence*, and constitute the only platyrrhine genus with extensive interspecific sympatry outside western Amazonia. Syntopic untufted capuchins – *Cebus albifrons*, *Cebus kaapori* and *Cebus olivaceus* – are almost as widespread as *C. apella*, and the only major discontinuity in their distribution is in the southern Amazon basin between the Tapajós and Tocantins rivers (Ferrari & Lopes, 1996). Tufted and untufted capuchins are not strikingly different in terms of body size, although the former are more robust, and tend to forage in a more destructive manner (Terborgh, 1983).

Table 3. Geographic limits of platyrrhine genera with a restricted distribution (see Table 1) in the Amazon basin.

Genus	Restricted to:
<i>Cacajao</i>	Western Amazonia, south of the Rio Negro and north of the Rio Purús;
<i>Callimico</i>	Western Amazonia, south of the Rio Japurá and north of the Rio Madeira;
<i>Callithrix</i>	Southern Amazonia, east of the Rio Madeira and west of the Rio Tocantins;
<i>Cebuella</i>	Western Amazonia, south of the Rio Japurá and north of the Rio Madeira;
<i>Chiropotes</i>	Eastern Amazonia, east of Rio Madeira/Jiparaná (south of Rio Amazonas), and east of Rio Negro/Branco (north of Rio Amazonas);
<i>Lagothrix</i>	Western Amazonia, west of the Rio Negro (north of the Amazon) and the Rio Tapajós (south of the Amazon);
<i>Oreonax</i>	Western Amazonia, on the upper Río Marañón in Peru.

*Alouatta* is the most widely distributed of all platyrrhine genera (Hill, 1962; Hirsch *et al.*, 1991), a characteristic which appears to be related primarily to its propensity for folivory (Neville *et al.*, 1988; Peres, 1997a). Interestingly, the available data (Queiroz, 1995; Jardim & Oliveira, 1997; Souza *et al.*, 2000) indicate that Amazonian howlers are relatively frugivorous in comparison with other biomes (Neville *et al.*, 1988), although these studies took place at sites from which other, more frugivorous atelines (*Ateles* and *Lagothrix*) were absent. As mentioned above, *Ateles* (spider monkeys) is also relatively widespread, but is absent from southeastern Amazonia, possibly as a result of historical factors. The woolly monkeys (*Lagothrix* and *Oreonax*) have a more restricted range, being found only in western Amazonia, west of the Tapajós and Negro rivers (Fooden, 1963). While atelids are the most widespread platyrrhine family, this is the only area in which three genera occur sympatrically.

The four pitheciid genera can be divided into two groups on the basis of both their degree of specialisation for seed predation and their zoogeography. The smaller-bodied, relatively unspecialised titi monkeys (*Callicebus*) and sakis (*Pithecia*) are more widely distributed than the larger, highly specialised bearded sakis (*Chiropotes*) and uakaris (*Cacajao*). The zoogeography of the titi monkeys is distinct from that of other pitheciids, and in fact this is the only platyrrhine genus distributed allopatrically in Amazonia and the Brazilian Atlantic Forest (all other pitheciids are endemic to the Amazon/Orinoco basin). The yellow-handed titi monkey (*Callicebus torquatus*) is also sympatric with dusky titis, *Callicebus*

*cupreus*, over a wide area between the Purús and Solimões rivers. Unlike *Cebus* (see Terborgh, 1983), however, sympatric titis appear to be both patchily distributed and ecologically distinct (Peres, 1997b), with *Callicebus torquatus* preferring undisturbed forest (see also Defler, 1994), and *Callicebus cupreus* more disturbed habitats and forest edges.

At the opposite extreme, there is minimal overlap (see Boubli, 1997) between the geographic ranges of *Cacajao* and *Chiropotes*, which are distributed to the west and east, respectively, of the Negro and Madeira rivers. Up to a point, allopatry in these two genera can be explained in terms of their high degree of specialisation for a seed predator niche (Kinzey, 1992). However, while bearded sakis occur in *terra firme* forests in eastern Amazonia, uakaris are found almost exclusively in the western basin's flooded forests (Ayres, 1989), white and red uakaris (*Cacajao calvus*) being associated with white-water forests (*várzeas*), and black uakaris (*Cacajao melanocephalus*) with black-water *igapós* (but see Boubli, 1997). Curiously, then, despite their allopatric distribution, the two genera are also ecologically distinct in terms of their apparent specialisation for different habitat types. Ayres (1993) has argued that the primary determinant of the distribution patterns of both genera is in fact the abundance of lecythid trees (e.g. *Eschweilera*, *Gustavia*), whose seeds are one of, if not the principal component of their diets (van Roosmalen & Mittermeier, 1988; Ayres, 1989; Frazão, 1992; Kinzey & Norconk, 1993; Boubli, 1999). While lecythids are relatively abundant in the *terra firme* forests of eastern Amazonia, in terms of both diversity and density, they are generally less common in the western half of the basin, except in flooded forest ecosystems (Ayres, 1993).

The callitrichids are the most diverse group, being represented in the Amazon basin by close to forty recognised specific and subspecific forms (Hershkovitz, 1977; van Roosmalen *et al.*, 1998). The tamarins – *Saguinus* – are the third and last platyrrhine genus that presents interspecific sympatry, restricted, like that of *Callicebus*, to the western Amazon basin, but in this case, between the Madeira and Solimões rivers. This is also the only area in which more than two, and as many as four callitrichid species occur sympatrically. In fact, while callitrichids range throughout Brazil north of the state of Paraná, including both rainforest and nonforested (*cerrado* and *caatinga*) biomes, and northwards as far as Panamá, sympatry is known to occur in only three restricted areas. Two of these are in southern Amazonia, where the ranges of *Saguinus* and *Mico argentatus* group marmosets overlap (Schneider *et al.*, 1987; Ferrari & Lopes, 1992b, 1996), and the third is in southern Bahia, where *Callithrix penicillata* and *Leontopithecus chrysomelas* are syntopic (Rylands, 1989).

Despite their ecological flexibility (Ferrari, 1993b), the general lack of sympatry in the callitrichids appears to be related primarily to niche overlap. For

example, sympatry between *Mico argentatus* and *Saguinus midas* in the Xingú-Tocantins interfluvium is characterised by a clear separation of niches, with *M. argentatus* being found only in secondary forest habitats (Ferrari & Lopes, 1990, 1996). Sympatry in western Amazonia also appears to be underpinned by a significant degree of habitat-related niche separation, in addition to morphological adaptations, primarily changes in body size. The most extreme case is the pygmy marmoset (*Cebuella pygmaea*), which has not only suffered a radical reduction in body size (Ferrari, 1993b), but is also found exclusively in riverside forests (Soini, 1982, 1988).

In contrast with capuchins and titis, body size also appears to be an important factor in syntopy between *Saguinus* species (Ferrari, 1993b). Known syntopy between tamarin species invariably involves *Saguinus fuscicollis*, which is by far the smallest-bodied of this genus. Adult *S. fuscicollis* weigh around three hundred grammes in comparison with four to six hundred grammes in all other species (Snowdon & Soini, 1988; Bicca-Marques *et al.*, 1997). This reduced body size appears to be an integral component of a unique behavioural-morphological specialisation for interspecific foraging associations with other callitrichids (Terborgh, 1983; Ferrari, 1993b).

### Diversity gradients

In broad terms, the diversity of platyrrhine communities varies systematically within the Amazon basin in relation to both longitude and latitude. As mentioned above, diversity tends to increase with increasing longitude (from east to west), but it also decreases with increasing latitude (moving north or south from the equator). The longitudinal gradient correlates with factors such as precipitation patterns and the distribution of white-water rivers (Figure 1), whereas the latitudinal gradient reflects primarily the transition from the Amazonian Hylea to the savanna ecosystems that dominate the Brazilian and Guyanan shields. Habitat-related tendencies are also found on a much smaller, localised scale within the Hylea.

Following the main Amazon channel westwards (Figure 2), *terra firme* primate communities vary in size from a minimum of seven species east of the Tocantins river (Ferrari & Lopes, 1996) to a maximum of fourteen at sites west of the Purús and south of the Solimões (Peres, 1997b). The latter are the largest known primate communities. The longitudinal gradient is probably the best example of the combined influence of rivers as barriers and transporters of inorganic nutrients, although once again, some details of the overall pattern are contradictory. For example, we now know (Queiroz, 1992) that intrageneric sympatry, a phenomenon more typical of western Amazonia, as seen above, occurs in *Cebus* in the eastern extreme of the biome, but apparently not further west in the Tocantins-Xingú-Tapajós interfluvia,



nor northwards in the Marajó archipelago (Fernandes *et al.*, 1995; Ferrari & Lopes, 1996). It is difficult to identify the exact determinants of such a distribution pattern, in particular because of the influence of historical factors, as mentioned above.

Based on more subtle ecological factors, latitudinal gradients are less well defined, especially given the lack of detailed information from critical transitional environments. Nevertheless, they can be observed most clearly in the principal interfluvia of the southern Amazon basin. For example, the number of species in the Xingú-Tocantins interfluvium decreases from eight on the lowland floodplain in the extreme north, to three in the savanna ecosystems in the extreme south (Figure 2). Few details of this transition are known, with the exception of *Mico argentatus*, which occurs on the lowland floodplain (Hershkovitz, 1977; Ferrari & Lopes, 1990, 1996), but disappears abruptly where the flat terrain of the floodplain is substituted by the foothills of the Brazilian shield. While more specific data are lacking on habitat structure and composition, it seems likely that interspecific competition with *Saguinus midas*, which occurs in both floodplain and submontane habitats, plays an important role in this transition. Supporting this, *M. argentatus* appears to be restricted to secondary forest habitats at lowland sites where *S. midas* occurs syntopically (Ferrari & Lopes, 1996; Bobadilla & Ferrari, 2000).

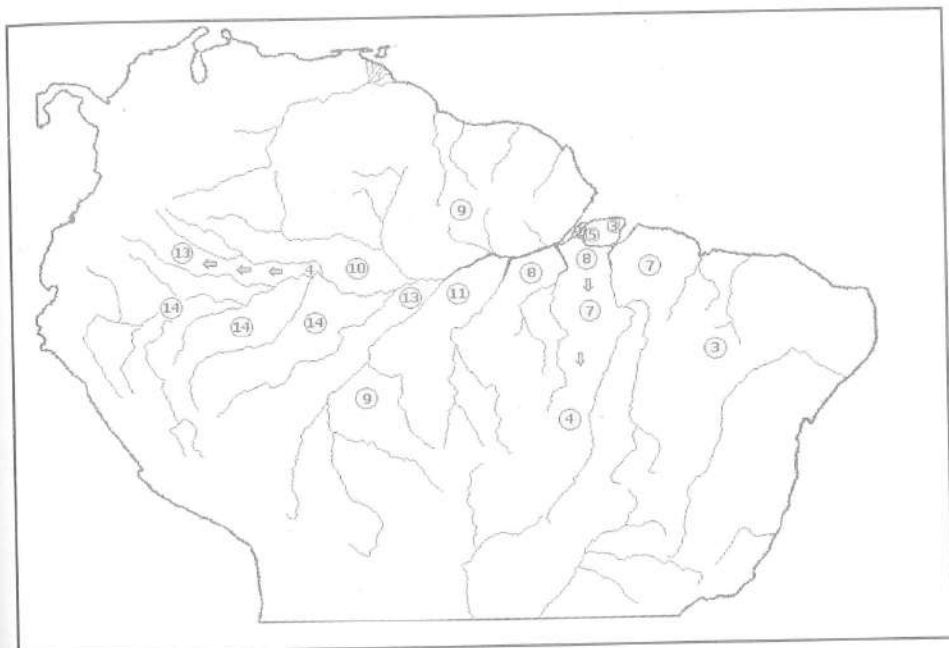


Figure 2. The number of species in "typical" primate communities in the principal interfluvia mentioned in the text.

Similar factors must be involved further south, given that the diversity gradient ultimately involves not only a reduction in species numbers, but also a change in species composition, in the transition from the Amazonian biome proper to the *cerrado* of the central Brazilian plateau. At some point, *S. midas* is replaced by a second marmoset species, *Callithrix penicillata*, a *cerrado* specialist, and *Alouatta belzebul* by *Alouatta caraya*, which is also typically found in the gallery forests of savanna formations. It is unknown, however, whether such transitions occur across zones of sympatry, or whether these species are completely allopatric, nor whether *Alouatta* and callitrichids exhibit similar processes of transition. However, records from southwestern Amazonia (Wallace *et al.*, 1998; Iwanaga, 1998; Iwanaga & Ferrari, submitted a) do show that the transition from rainforest to savanna biomes encompasses a sympatric zone between *A. seniculus* and *A. caraya*.

An additional form of diversity gradient is that found where the predominant *terra firme* forest habitats intergrade with extensive areas of flooded forest (*igapós*, *várzeas* and mangroves), grassland (*campos*) or savanna ecosystems. One of the best examples of this type of habitat gradient is found in the *várzeas* of Mamiarauá, at the confluence of the Solimões and Japurá rivers, where the area of flooded forest is up to 90 km in width (Ayres, 1993). The most recent *várzeas* are holocenic, and the formation of new islands is an ongoing process, as is their colonisation by primate species. The most recent islands, whose forest may be only decades old, are colonised by sloths (*Bradypus variegatus* and *Choloepus didactylus*), which are excellent swimmers, before the arrival of the first primates (Lopes & Ferrari, 1994). Initial colonisation of newly-formed *várzea* forests appears to involve four genera, the widespread *Alouatta*, *Cebus* and *Saimiri*, and the *várzea* specialist *Cacajao* (Ayres, 1986, 1993). Additional genera (*Ateles*, *Aotus*, *Callicebus*, *Lagothrix* and *Pithecia*) are found progressively in older forests. However, callitrichids generally do not occur in the *várzea per se*, and are found only in neighbouring areas of *terra firme* forest.

Howler and squirrel monkeys, this time together with owl monkeys (*Aotus infulatus*) rather than capuchins, are also the mainstay of the primate community in the gallery forests and tidal *várzeas* of the eastern half of Marajó island (Ayres *et al.*, 1989; Peres, 1988; Fernandes *et al.*, 1995). Eastern Marajó is characterised by a variety of grassland habitats, ranging from marshlands to typical Amazonian savannas (Ayres, 1993). The western half of the island, by contrast, is covered by typical lowland *terra firme* forest, in which both *Cebus apella* and *Saguinus midas* are found, in addition to the three species present in the eastern half of the island.

#### “MICRO” PATTERNS

Diversity patterns of Amazonian primates are still relatively poorly understood, although ongoing research is revealing increasing complexity of detail (see e.g. Peres *et*

*al.*, 1996; van Roosmalen *et al.*, 1998). Recent research in the Brazilian state of Rondônia (Ferrari & Lopes, 1992a, 1992b; Iwanaga, 1998; Ferrari *et al.*, 1999a, 1999b, 1999c, 2000; Iwanaga & Ferrari, submitted a, b), for example, facilitated by recently-constructed roads, has provided a variety of new insights into the diversity patterns of a number of different genera in southwestern Brazilian Amazonia.

Rondônia encompasses two major rivers, the upper Madeira and its right bank tributary, the Jiparaná, which both play an important role in the zoogeography of the state's primates. The Madeira is the southernmost of the main whitewater tributaries with headwaters in the Andes, and forms the southern limit of the geographic ranges of both *Callimico* (Ferrari *et al.*, 1999a) and *Cebuella* (Bicca-Marques & Calegari-Marques, 1995; Ferrari *et al.*, 1996), and the northern limit of that of *Mico* (Ferrari & Lopes, 1992a). Alternatively, depending on the classification adopted – i.e. Schneider & Rosenberger (1996) rather than Hershkovitz (1977) – the Madeira separates the distribution of the pygmy marmoset (*Callithrix pygmaea*) from that of the *Mico argentatus* group (*sensu* Sena, 1998).

The Madeira also forms the southern limit of the moustached (*Saguinus mystax*) tamarin group, specifically, *Saguinus labiatus*. By contrast, the distribution of saddle back tamarins, in the form of *Saguinus fuscicollis weddelli*, straddles both banks of the upper Madeira between its source, at the confluence with the Abunã and Mamoré rivers, and the Jiparaná (Ferrari & Lopes, 1992b). *Saguinus* is not present on the right or east bank of the Jiparaná, however, although *Mico* is present on both margins.

The zoogeographic role of the Rio Jiparaná (Figure 3), a relatively minor river by Amazonian standards, had gone unrecognised (see e.g. Fooden, 1963; Hershkovitz, 1977, 1985) until very recently. For example, Hershkovitz (1977, p. 636) restricted the distribution of *Saguinus* to the left bank of the Madeira – despite citing two right-bank localities – on the basis of both the size of this river and the idea that “Occupation...by marmosets of the *Callithrix* [*Mico*] *argentata* group...is also an obstacle to successful colonization by alien callitrichids”. The author apparently presumed that the two right-bank sites on the upper Madeira (Porto Velho and Rio Jamaré) represented localities at which the specimens had been obtained from local residents, rather than directly from the wild. In the case of *Chiropotes albinasus*, the misplacement of the Jaru Biological Reserve to the west of the Rio Jiparaná led Hershkovitz (1985) to extend the distribution of the species to the whole of the state of Rondônia south of the Madeira. More recent research (Ferrari & Lopes, 1992b; Ferrari *et al.*, 1999c) has limited the distribution of *C. albinasus* to the right bank of the lower Jiparaná.

In addition to *Chiropotes* and *Saguinus*, the Jiparaná plays a role in the zoogeography of at least four platyrrhine genera (*Callicebus*, *Lagothrix*, *Mico* and *Saimiri*), and possibly also *Cebus* (Ferrari & Lopes, 1992b). However, the

physical barrier formed by the river is only part of a complex of factors that determine primate distribution in Rondônia. While they are absent from the left bank of the lower Jiparaná (Figure 3), for example, both *Chiropotes* and *Lagothrix* occur west (*i.e.* on the right bank) of the river's headwaters in southern Rondônia (Ferrari *et al.*, 1999c; Iwanaga & Ferrari, submitted b).

This region encompasses a transition zone between the lowland Amazonian rainforest to the north and the *cerrado* of the Brazilian shield to the south, on the higher elevations of the Parecis plateau, whose northern limit in the Jiparaná-Guaporé interfluvium is the Serra dos Pacaás Novos. While the limits of the geographic ranges of both woolly monkeys and bearded sakis appear to be related in some way to this transition of habitats, the ecological factors involved and their exact influence on the distribution of the two genera remain unclear. In addition, the range of *Lagothrix* in southern Rondônia is less extensive than that of *Chiropotes* (Wallace *et al.*, 1996; Ferrari *et al.*, 1999c; Iwanaga & Ferrari, submitted b), which points to a different combination of factors, as might be expected on the basis of the ecological differences between the two genera. Competition with other



Figure 3. Distribution of *Chiropotes*, *Lagothrix* and *Saguinus* in southwestern Brazilian Amazonia in relation to the Jiparaná and Madeira rivers, and the savanna-like ecosystems associated with the Pacaás Novos and Parecis formations.

atelids (*Alouatta* and *Ateles*) may be especially relevant in the case of *Lagothrix* (Iwanaga & Ferrari, submitted b), for example.

The marmoset *Mico melanurus* also occurs on both banks of the upper Jiparaná (Figure 4), but is absent from the river's lower reaches, where it is replaced by congenics (Ferrari & Lopes, 1992a; Ferrari *et al.*, 1999a). In contrast with *Chiropotes* and *Lagothrix*, the distribution of *M. melanurus* is associated primarily with that of savanna ecosystems in eastern Bolivia, northern Paraguay and western Mato Grosso (Hershkovitz, 1977; Stallings & Mittermeier, 1983). In this case, the influence of habitat appears to be relatively well defined. On the left bank of the Jiparaná, the distribution of *M. melanurus* appears to extend as far north as the Serra dos Pacaás Novos, where it is sympatric with *S. fuscicollis*, but not *Mico* sp.n. (Ferrari *et al.*, 1999a), which occurs north of Pacaás Novos.

The sympatric zone between *S. fuscicollis* and *M. melanurus* may in fact extend well into southern Rondônia (Ferrari *et al.*, 1997), but apparently not as far as the headwaters of the Jiparaná, where the *cerrado* presumably acts as an effective ecological barrier to *S. fuscicollis*. The limits of the range of *M. melanurus* east of

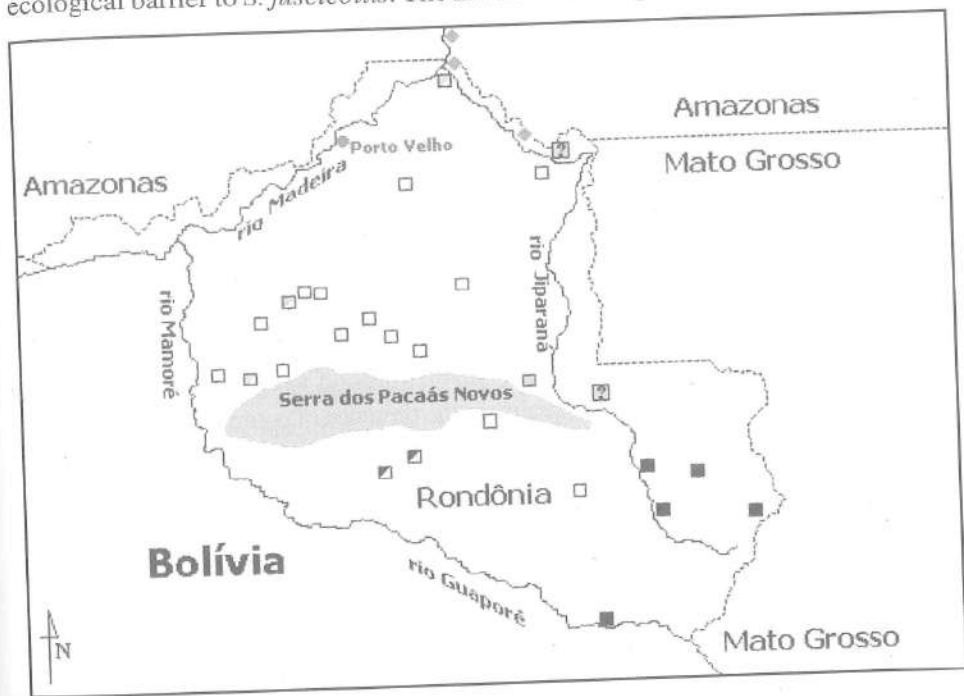


Figure 4. Sighting and collecting localities for *Mico* spp. and *Saguinus fuscicollis* (right bank of the Madeira only) in the Brazilian state of Rondônia. ■ = *Mico melanurus*; ● = *Mico nigriceps*; ◻ = *Mico* sp. n. (Ferrari *et al.*, 1999a); ◻ = *Mico cf. emiliae* (van Roosmalen *et al.*, 1998); ◻ = *Saguinus fuscicollis*.

the Jiparaná are less well defined, but they are probably determined by similar ecological factors, given that *Mico nigriceps* occurs on the right bank of the lower Jiparaná (Ferrari & Lopes, 1992a; Ferrari, 1993c).

Ecological factors, in particular the transition from rainforest to *cerrado* (and also wetland) ecosystems, also appear to have had a significant influence on the diversity and distribution of titi (Ferrari *et al.*, 2000) and howler monkeys (Wallace *et al.*, 1998; Iwanaga & Ferrari, submitted a) in southwestern Brazilian Amazonia. Once again, however, each genus has a unique distribution pattern which apparently reflects a slightly different set or combination of specific ecological factors. One of the most enigmatic findings from this region is the absence of *Alouatta* from a substantial area of lowland rainforest in northern Rondônia (Iwanaga & Ferrari, submitted a).

In many ways, the recent data from Rondônia have raised as many questions as they have provided answers, but they do demonstrate clearly the complex nature of the factors that determine the distribution patterns of Amazonian primates. There is little doubt as to the importance of the zoogeographic role of riverine barriers, but in many cases, this role appears to be complementary to ecological factors rather than being the primary determinant of distribution patterns. The lower Jiparaná is an effective physical barrier to the dispersal of a number of genera, for example, but the dispersal of these same genera is limited by ecological factors further upstream.

On a geological scale of time, in fact, some dispersal between banks is almost inevitable, whatever the physical dimensions of the river. In addition to rafting, the formation of oxbow lakes through meander cutoffs provides a plausible mechanism (see Hershkovitz, 1977, p. 97) for the passive transfer of primates between banks. Such processes are still obscure, but Peres *et al.* (1996) have provided evidence of between-bank gene flow in populations of *S. fuscicollis* on the upper rio Juruá, for example. This implies that the long-term exclusion of a taxon from one margin may depend, to a greater or lesser extent, on ecological factors such as habitat quality or the presence of potential competitors.

A full understanding of these processes will nevertheless require far more detailed data, not only on the distribution patterns of Amazonian primates themselves, but in particular of the ecological variables underlying these patterns. In addition to their intrinsic value, these data will contribute significantly to the development of effective conservation strategies, which depend on detailed knowledge of all aspects of a taxon's ecology.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This contribution is based on a lecture invited by the organisers of the ninth Congress of the Brazilian Primatology Society. I am grateful to the Brazilian National Research Council (CNPq), DHV Consultants, Tecnosolo S.A., the MacArthur Foundation, the A.H. Schultz Stiftung, Sedam-Rondônia, and the Goeldi

Museum for supporting my research in the Amazon basin over the past eleven years. Many people have also participated in or contributed significantly to this research, and I would like to thank them all, in particular Arlindo Junior, Cida Lopes, Dionísio Pimentel, Ernesto Cruz, Horacio Schneider, and Simone Iwanaga. I thank Júlio César Bicca-Marques for his useful comments on the manuscript.

## REFERENCES

- ALPERIN, R. 1993. *Callithrix argentata* (Linnaeus, 1771): considerações taxonômicas e descrição de subespécie nova. Bol. Mus. Para. E. Goeldi, série Zool., 9: 317-328.
- AYRES, J.M. 1986. Uakaris and the Amazonian Flooded Forest. Ph.D thesis, University of Cambridge.
- AYRES, J.M. 1989. Comparative feeding ecology of uakaris and bearded sakis, *Cacajao* and *Chiropotes*. J. Hum. Evol., 18: 697-716.
- AYRES, J.M. 1993. As Matas de Várzea do Mamirauá. Médio Rio Solimões. CNPq/Sociedade Civil Mamirauá, Brasília, DF.
- AYRES, J.M., J.I. BONSIPE & T.T. CLARE 1989. A preliminary survey of monkeys and habitat in northeastern Marajó island. Primate Conserv., 10: 21-22.
- AYRES, J.M. & T.H. CLUTTON-BROCK 1992. River boundaries and species range size in Amazonian primates. Am. Nat., 140: 531-537.
- BICCA-MARQUES, J.C. & C. CALEGARO-MARQUES 1995. Updating the known distribution of the pygmy marmoset (*Cebuella pygmaea*) in the state of Acre, Brazil. Neotrop. Primates, 3: 48-49.
- BICCA-MARQUES, J.C., C. CALEGARO-MARQUES, E.M.P. FARIAS, M.A.O. AZEVEDO & F.G.A. SANTOS, 1997. Medidas morfométricas de *Saguinus imperator imperator* e *Saguinus fuscicollis weddelli* (Callitrichidae, Primates) em ambiente natural. In M. B. C. Sousa & A.L.L. Menezes (Org.) A Primatologia no Brasil - 6. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte / Sociedade Brasileira de Primatologia. Natal, pp. 257-267.
- BOBADILLA, U.L. & S.F. FERRARI 2000. Habitat use by *Chiropotes satanas utahicki* and syntopic platyrrhines in eastern Amazonia. Am. J. Primatol., 50: 215-224.
- BOINSKI, S. & S.J. CROPP 1999. Disparate data sets resolve squirrel monkey (*Saimiri*) taxonomy: implications for behavioral ecology and biomedical usage. Int. J. Primatol., 20: 237-256.
- BOUBLI, J.P. 1997. Ecology of the black uakari monkey, *Cacajao melanocephalus melanocephalus*, in Pico da Neblina National Park, Brazil. Ph.D thesis, University of California, Berkeley.
- BOUBLI, J.P. 1999. Feeding ecology of black-headed uakaris (*Cacajao melanocephalus melanocephalus*) in Pico da Neblina National Park, Brazil. Int. J. Primatol., 20: 719-749.
- CAPPARELLA, A.P. 1988. Genetic variation in Neotropical birds: implications for the speciation process. Acta. Congr. Int. Ornithol., 19: 1658-1664.
- COSTELLO, R.K., C. DICKINSON, A.L. ROSENBERGER, S. BOINSKI & F.S. SZALAY (1993) A multidisciplinary approach to squirrel monkey (genus

- Saimiri*) species taxonomy. In W. Kimbel & L. Martin (Eds.) Species, Species Concepts, and Primate Evolution Plenum Press, New York, pp. 177-237.
- DEFLER, T.R. 1994. *Callicebus torquatus* is not a white-sand specialist. Am. J. Primatol., 33: 149-154.
- EMMONS, L.H. & F. FEER 1997. Neotropical Rain Forest Mammals - A Field Guide. University of Chicago Press, Chicago.
- FERNANDES, M.E.B. 1993. New field records of night monkeys, genus *Aotus*, in northern Brazil. Neotrop. Primates, 1(4): 6-8.
- FERNANDES, M.E.B., J.M.C. SILVA & J.S. SILVA JUNIOR 1995. The monkeys of the islands of the Amazon estuary, Brazil: a biogeographic analysis. Mammalia, 59: 213-221.
- FERRARI, S.F. 1993a. The adaptive radiation of Amazonian callitrichids (Primates, Platyrrhini). Evol. Biol., 7: 81-103.
- FERRARI, S.F. 1993b. Ecological differentiation in the Callitrichidae. In A.B. Rylands (Ed.) Marmosets and Tamarins: Systematics, Ecology and Behaviour Oxford University Press, Oxford, pp. 314-328.
- FERRARI, S.F. 1993c. An update on the black-headed marmoset, *Callithrix nigriceps* Ferrari & Lopes 1992. Neotrop. Primates 1: 11-13.
- FERRARI, S.F., E.H. CRUZ NETO, S. IWANAGA, H.K.M. CORRÊA & P.C.S. RAMOS 1996. An unusual primate community at the Estação Ecológica Serra dos Três Irmãos, Rondônia, Brazil. Neotrop. Primates, 4: 55-56.
- FERRARI, S.F., L. SENA & M.P.C. SCHNEIDER 1999a. Definition of a new species of marmoset (Primates, Callitrichinae) from southwestern Amazonia based on molecular, ecological, and zoogeographic evidence. Resumos do IX<sup>o</sup> Congresso da SBPr, pp. 80-81.
- FERRARI, S.F. & M.A. LOPES 1990. A survey of primates in central Pará. Bol. Mus. Para. E. Goeldi, série Zool., 6: 169-179.
- FERRARI, S.F. & M.A. LOPES 1992a. A new species of marmoset, genus *Callithrix* Erxleben 1777 (Callitrichidae, Primates), from western Brazilian Amazonia. Goeldiana Zool., 12: 1-13.
- FERRARI, S.F. & M.A. LOPES 1992b. New data on the distribution of primates in the region of the confluence of the Jiparaná and Madeira rivers in Amazonas and Rondônia, Brazil. Goeldiana Zool., 11: 1-12.
- FERRARI, S.F. & M.A. LOPES 1996. Primate populations in eastern Amazonia. In M.A. Norconk, A.L. Rosenberger & P.A. Garber (Eds.) Adaptive Radiations of Neotropical Primates Plenum Press, New York, pp. 53-68.
- FERRARI, S.F., S. IWANAGA, M.R. MESSIAS & E.H. CRUZ NETO 1997. New data on the geographic distribution and ecological relationships of the callitrichines of the state of Rondônia. Resumos do VIII<sup>o</sup> Congresso da SBPr, p. 214.
- FERRARI, S.F., S. IWANAGA, E.M. RAMOS, M.R. MESSIAS, P.C.S. RAMOS & E.H. CRUZ NETO 1999b. Expansion of the known distribution of Goeldi's monkey (*Callimico goeldii*) in southwestern Brazilian Amazonia. Folia Primatol., 70: 112-116.
- FERRARI, S.F., S. IWANAGA, P.E.G. COUTINHO, M.R. MESSIAS, E.H. CRUZ NETO, E.M. RAMOS & P.C.S. RAMOS 1999c. Zoogeography of *Chiropotes albinus*



- (Platyrrhini, Atelidae) in southwestern Amazonia. *Int. J. Primatol.*, 20: 995-1004.
- FERRARI, S.F., S. IWANAGA, M.R. MESSIAS, E.M. RAMOS, P.C.S. RAMOS, E.H. CRUZ NETO & P.E.G. COUTINHO 2000. Titi monkeys (*Callicebus* spp., Atelidae: Platyrrhini) in the Brazilian state of Rondônia. *Primates*, 41: 191-196.
- FIGUEIREDO, W.M.B. N.M. CARVALHO FILHO, H. SCHNEIDER & I. SAMPAIO 1998. Mitochondrial DNA sequences and the taxonomic status of *Alouatta seniculus* populations in northeastern Amazonia. *Neotrop. Primates*, 6: 73-77.
- FOODEN, J. 1963. A revision of the woolly monkeys (genus *Lagothrix*). *J. Mammal.*, 44: 213-247.
- FRAZÃO, E.R. 1992. Dieta e Estratégia de Forrageio de *Chiropotes satanas chiropotes* na Amazônia central Brasileira. M.Sc dissertation, INPA, Manaus.
- FROEHLICH, J.W., SUPRIATNA, J. & FROEHLICH, P.H. 1991. Morphometric analysis of *Ateles*: systematics and biogeographic implications. *Am. J. Primatol.*, 25: 1-22.
- GARBER, P.A. 1987. Foraging strategies among living primates. *Ann. Rev. Anthropol.*, 16: 339-352.
- GREGORIN, R. 1996. Variação Geográfica e Taxonomia das Espécies Brasileiras do Gênero *Alouatta Lacépède*, 1799 (Primates, Atelidae). M.Sc dissertation, USP, São Paulo.
- GROVES, C.P. 1993. Order Primates. In D.E. Wilson & D.M. Reeder (Eds.) *Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference* Smithsonian Institution Press, Washington D.C., pp. 243-277.
- HERSHKOVITZ, P. 1977. Living New World Monkeys (Platyrrhini), with an Introduction to Primates. Chicago University Press, Chicago, Vol. 1.
- HERSHKOVITZ, P. 1984. Taxonomy of squirrel monkeys, genus *Saimiri* (Cebidae, Platyrrhini): a preliminary report with description of a hitherto unnamed form. *Am. J. Primatol.*, 7: 155-210.
- HERSHKOVITZ, P. 1985. A preliminary taxonomic review of the South American bearded saki monkeys, genus *Chiropotes* (Cebidae, Platyrrhini), with the description of a new subspecies. *Fieldiana Zool.*, 27.
- HERSHKOVITZ, P. 1988. Origin, speciation, and distribution of South American titi monkeys, genus *Callicebus* (family Cebidae, Platyrrhini). *Proc. Nat. Acad. Sci., Phil.*, 140: 240-272.
- HERSHKOVITZ, P. 1990. Titis, New World monkeys of the genus *Callicebus* (Cebidae, Platyrrhini): a preliminary taxonomic review. *Fieldiana Zool.*, 55: 1-109.
- HILL, W.C.O. 1960. *Primates: Comparative Anatomy and Taxonomy v.IV. Cebidae*, Part A. Wiley-Interscience, New York.
- HILL, W.C.O. 1962. *Primates: Comparative Anatomy and Taxonomy v.IV. Cebidae*, Part B. Wiley-Interscience, New York.
- HIRSCH, A., E.C. LANDAU, A.C.M. TEDESCHI & J.O. MENEGHETTI 1991. Estudo comparativo das espécies do gênero *Alouatta Lacépède* 1799 (Platyrrhini, Atelidae) e sua distribuição geográfica na América do Sul. In A.B. Rylands & A.T. Bernardes (Eds.) *A Primatologia no Brasil - 3 Fundação Biodiversitäts*, Belo Horizonte, pp. 239-262.
- IRION, G. 1984. Sedimentation and sediments of Amazonian landscapes since Pliocene times. In H. Sioli (Ed.) *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a*

- Mighty Tropical River and its Basin W. Junk, Dordrecht, pp. 201-214.
- IWANAGA, S. 1998. *Atelíneos* (Primates, Atelidae) do Estado de Rondônia: Distribuição, Abundância, Ecologia e Status de Conservação. M.Sc dissertation, Universidade Federal do Pará, Belém.
- IWANAGA, S. & S.F. FERRARI Submitted a. Zoogeography of the red howler monkey, *Alouatta seniculus* (Platyrrhini, Alouattini), in southwestern Brazilian Amazonia, with notes on *Alouatta caraya*. Int. J. Primatol.
- IWANAGA, S. & S.F. FERRARI Submitted b. A comparative analysis of the distribution of spider (*Ateles chamek*) and woolly (*Lagothrix lagothricha*) monkeys in southwestern Brazilian Amazonia (Platyrrhini, Atelini). Am. J. Primatol.
- JARDIM, M.M.A. & L.F.B. OLIVEIRA 1997. Uso do espaço de *Alouatta belzebul* (Primates, Cebidae) em função da temporalidade de recursos. In P.L.B. Lisboa (Ed.) Caxiuanã MCT/CNPq, Belém, pp. 417-436.
- KINZEY, W.G. 1992. Dietary and dental adaptations in the Pitheciinae. Am. J. Phys. Anthropol., 88: 499-514.
- KINZEY, W.G. & M.A. NORCONK 1993. Physical and chemical properties of fruit and seeds eaten by *Pithecia* and *Chiropotes* in Surinam and Venezuela. Int. J. Primatol., 14: 207-227.
- LOPES, M.A. & S.F. FERRARI 1994. Differential recruitment of *Eschweilera albiflora* (Lecythidaceae) seedlings at two sites in western Brazilian Amazonia. Trop. Ecol., 35: 25-34.
- MEDEIROS, M.A., R.M.S. BARROS, J.C. PIECZARKA, C.Y. NAGAMACHI, M. PONSÁ, M. GARCIA, F. GARCIA & J. EGOZCUE 1997. Radiation and speciation of spider monkeys, genus *Ateles*, from the cytogenetic viewpoint. Am. J. Primatol., 42: 167-178.
- MITTERMEIER, R.A., J.M. AYRES & M. SCHWARZ 1992. A new species of marmoset, genus *Callithrix* Erxleben, 1777 (Callitrichidae, Primates) from the Rio Maués region, state of Amazonas, central Brazilian Amazonia. Goeldiana Zool., 14: 1-17.
- MOON, P. 2000. Os mais novos brasileiros. IstoÉ, 1595: 124-125.
- NEVILLE, M.K., K.E. GLANDER, F. BRAZA & A.B. RYLANDS 1988. The howling monkeys, genus *Alouatta*. In R.A. Mittermeier, A.B. Rylands, A.F. Coimbra-Filho & G.A.B. da Fonseca (Eds.) Ecology and Behavior of Neotropical Primates, Volume 2 WWF-US, Washington DC, pp. 349-453.
- PERES, C.A. 1988. A survey of a gallery forest primate community, Marajó Island, Pará, Brazil. Vida Sylv. Neotrop., 2: 32-37.
- PERES, C.A. 1997a. Effects of habitat quality and hunting pressure on arboreal folivore densities in Neotropical forests: a case study of howler monkeys (*Alouatta* spp.). Folia Primatol., 68: 199-222.
- PERES, C.A. 1997b. Primate community structure at twenty western Amazonian flooded and unflooded forests. J. Trop. Ecol., 13: 381-406.
- PERES, C.A., J.L. PATTON & M.N. DA SILVA 1996. Riverine barriers and gene flow in Amazonian saddle-back tamarins. Folia Primatol., 67: 113-124.
- PUTZER, H. 1984. The geological evolution of the Amazon basin and its mineral resources. In H. Sioli (Ed.) The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of

a Mighty Tropical River and its Basin. W. Junk, Dordrecht.

- QUEIROZ, H.L. 1992. A new species of capuchin monkey, genus *Cebus* Erxleben, 1777 (Cebidae: Primates), from eastern Brazilian Amazonia. *Goeldiana Zool.*, 15: 1-13.
- QUEIROZ, H.L. 1995. Preguiças e Guaribas – Os Mamíferos Folívoros Arborícolas do Mamirauá. CNPq/Sociedade Civil Mamirauá, Tefé.
- VAN ROOSMALEN, M.G.M. & R.A. MITTERMEIER 1988. Diet of the northern bearded saki *Chiropotes satanas chiropotes*, a Neotropical seed predator. *Am. J. Primatol.*, 14: 11-36.
- VAN ROOSMALEN, M.G.M., T. VAN ROOSMALEN, R.A. MITTERMEIER & G.A.B. DAFONSECA 1998. A new and distinctive species of marmoset (Callitrichidae, Primates) from the lower rio Aripuanã, state of Amazonas, central Brazilian Amazonia. *Goeldiana Zool.*, 22: 1-27.
- RYLANDS, A.B. 1989. Sympatric Brazilian callitrichids: the black-tufted-ear marmoset, *Callithrix kuhli*, and the golden-headed lion tamarin, *Leontopithecus chrysomelas*. *J. Hum. Evol.*, 18: 679-695.
- RYLANDS, A.B. & D. BRANDON-JONES 1998. Scientific nomenclature of the red howlers from the northeastern Amazon in Brazil, Venezuela, and the Guianas. *Int. J. Primatol.*, 19: 879-905.
- RYLANDS, A.B., H. SCHNEIDER, A. LANGGUTH, R.A. MITTERMEIER, C.P. GROVES & E. RODRÍGUEZ-LUNA 2000. An assessment of the diversity of New World primates. *Neotrop. Primates*, 8: 61-93.
- SALATI, E. 1985. The climatology and hydrology of Amazonia. In G.T. Prance & T.E. Lovejoy (Eds.) *Amazonia* Pergamon Press, Oxford, pp. 109-145.
- SCHNEIDER, H. & A.L. ROSENBERGER 1996. Molecules, morphology, and platyrrhine systematics. In M.A. Norconk, A.L. Rosenberger & P.A. Garber (Eds.) *Adaptive Radiations of Neotropical Primates* Plenum Press, New York, pp. 3-19.
- SCHNEIDER, H., E.S. MARTINS & V. LEÃO 1987. Syntopy and troops association between *Callithrix* and *Saguinus* from Rondônia. *Int. J. Primatol.*, 8: 527.
- SCHUBART, H.O.R. 1983. Ecologia e utilização das florestas. In E. Salati, H.O.R. Schubart, W. Junk & A.E. Oliveira (Eds.) *Amazônia: Desenvolvimento, Integração e Ecologia* Editora Brasiliense, São Paulo, pp. 101-143.
- SENA, L.S. 1998. Filogenia do gênero *Callithrix* Erxleben 1777 (Callitrichinae, Platyrrhini) baseada em seqüências do gene mitocondrial da citocromo oxidase II (COII). M.Sc dissertation, Universidade Federal do Pará, Belém.
- SICK, H. 1987. Rios e enchentes na Amazônia como obstáculos para a avifauna. In H. Lent (Ed.) *Zoologia. Volume 5 das Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*. Conselho de Pesquisas, Rio de Janeiro, pp. 495-520.
- SILVA JR., J.S. & M. NORONHA 1998. On a new species of bare-eared marmoset, genus *Callithrix* Erxleben, 1777, from central Amazonia, Brazil (Primates, Callitrichidae). *Goeldiana Zool.*: in press.
- SIOLI, H. (Ed.) 1984. *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin*. W. Junk, Dordrecht.
- SNOWDON, C.T. & P. SOINI 1988. The tamarins, genus *Saguinus*. In R.A. Mittermeier, A.B. Rylands, A.F. Coimbra-Filho & G.A.B. da Fonseca (Eds.) *Ecology and*

- Behavior of Neotropical Primates, Volume 2 WWF-US, Washington DC, pp. 223-298.
- SOINI, P. 1982. Ecology and population dynamics of the pygmy marmoset, *Cebuella pygmaea*. *Folia Primatol.*, 39: 1-21.
- SOINI, P. 1988. The pygmy marmoset, genus *Cebuella*. In R.A. Mittermeier, A.B. Rylands, A.F. Coimbra-Filho & G.A.B. da Fonseca (Eds.) Ecology and Behavior of Neotropical Primates, Volume 2 WWF-US, Washington DC, pp. 79-129.
- SOUZA, L.L., A.L.C.B. PINA & S.F. FERRARI 2000. Diet of the red-handed howler monkey, *Alouatta belzebul* (Primates, Atelidae), at the Ferreira Penna Scientific Station. In P.L.B. Lisboa, ed.) *Caxiuanã, Biodiversidade e Sustentabilidade CNPq/MCT*, Belém, in press.
- STALLINGS, J.R. & R.A. MITTERMEIER 1983. The black-tailed marmoset (*Callithrix argentata melanura*) recorded from Paraguay. *Am. J. Primatol.*, 4: 159-163.
- TERBORGH, J. 1983. *Five New World Primates. A Study in Comparative Ecology*. Princeton University Press, Princeton.
- THORINGTON, R.W. Jr. 1984. The taxonomy and distribution of squirrel monkeys (*Saimiri*). In L.A. Rosenblum & C.L. Coe (Eds.) *Handbook of Squirrel Monkey Research* Plenum Press, New York, pp. 1-33.
- DE VIVO, M. 1991. *Taxonomia de Callithrix Erxleben, 1777*. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.
- WALLACE, A.R. 1876. *The Geographical Distribution of Animals*. Vol. 1. Macmillan, London.
- WALLACE, R.B., R.L.E. PAINTER, A.B. TABER & J.M. AYRES 1996. Notes on a distributional river boundary and southern range extensions for two species of Amazonian primates. *Neotrop. Primates*, 4: 149-151.
- WALLACE, R.B., R.L.E. PAINTER & A.B. TABER 1998. Primate diversity, habitat preferences, and population density estimates in Noel Kempff Mercado National Park, Santa Cruz Department, Bolivia. *Am. J. Primatol.*, 46: 197-211.

**INTERAÇÕES ECOLÓGICAS ENTRE MICO LEÃO DOURADO  
(*LEONTOPITHECUS ROSALIA* LINNAEUS, 1766) REINTRODUZIDO  
E MICO-ESTRELA (*CALLITHRIX JACCHUS* LINNAEUS, 1758)  
INTRODUZIDO EM FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA, RJ**

ADRIANA G. AFFONSO<sup>1</sup>, CARLOS R. RUIZ MIRANDA<sup>2,3</sup> & BENJAMIN BECK<sup>3,4</sup>

1- INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- Av dos Astronautas 1758, Jd da Granja, São José dos Campos, SP. CEP:12227010, Caixa Postal- 515.

2- Laboratório de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

3- Associação Mico Leão Dourado. 4- National Zoological Park, Smithsonian Institution

**RESUMO**

O sagui-do-nordeste, ou mico-estrela (*Callithrix jacchus*) foi introduzido no estado do Rio de Janeiro e ocorre em áreas designadas para a reintrodução de *Leontopithecus rosalia* (mico leão dourado). O mico-estrela vem sendo observado utilizando os comedouros colocados para os micos-leões-dourados e acompanhando-os durante o dia. Essa aparente associação poderia resultar em competição por recursos entre as duas espécies e, portanto, um obstáculo para a conservação do mico-leão. Os objetivos deste estudo foram estimar a população de sagüi no maior fragmento particular com mico-leão reintroduzidos (Fazenda Rio Vermelho), e caracterizar a interação entre as espécies. A densidade de sagüi (0,09 ind/ha) foi maior que a de mico-leão (0,06 ind/ha). Observações feitas de janeiro à abril e de julho a setembro de 1999 com quatro grupos de mico leão dourado reintroduzidos mostram que o grau de associação entre mico-leão e o sagüi varia entre grupos e estações do ano (inverno = 62%, verão = 35%). Estas diferenças podem estar relacionadas a características dos grupos, de habitat e disponibilidade de recursos. A presença do sagüi muda o comportamento do mico-leão. Algumas mudanças sugerem competição e outras, benefícios decorrentes da associação. Foram observados sinais de competição durante o inverno quando a presença do mico estrela está associada a mudanças no forrageio do mico-leão e aumento de comportamentos territoriais. No verão, foram observados sinais de benefícios e houve uma diminuição da vigilância por parte dos adultos de micos leões. Além disso, os micos leões foram observados se alimentando de goma proveniente dos buracos feitos pelos micos estrela, tanto no verão como no inverno. Houve também outras mudanças em comportamento dos micos-leões (diminuição do forrageio das bananas fornecidas pelos técnicos e aumento em comportamento social) associadas à presença do mico estrela. Estes resultados sugerem que o mico

estrela pode interferir na conservação do mico-leão, no entanto, mais estudos são necessários para determinar até que ponto essa possível sobreposição de nichos pode afetar o restabelecimento do mico leão dourado em seu ambiente natural.

**Palavras chave:** *Leontopithecus rosalia*, *Callithrix jacchus*, interações, animais exóticos, conservação

### ABSTRACT

**Ecological interactions between reintroduced golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced common marmoset (*Callithrix jacchus* Linnaeus, 1758) in Atlantic forest fragments, RJ.** The common marmoset (*Callithrix jacchus*) has been introduced to the state of Rio de Janeiro, occurring in areas assigned for the reintroduction of the endangered golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*). The common marmoset (CM) had been observed using the feeding platforms destined for the golden lion tamarin (GLT), and travelling with them during the day. This apparent association could result in resource competition between the species and therefore, an obstacle for the conservation of GLTs. The goals of this study were to estimate the CM population in the largest private fragment with reintroduced GLTs (Fazenda Rio Vermelho), to quantify the association between species, and to characterize the interactions between species. The CM population density (0,09 ind/ha) was higher than that of the GLTs (0,06 ind/ha). Field observations of four groups, from January to April and from July to September of 1999, showed that the mean association index between GLTs and CMs varied among groups and seasons (winter = 62% and summer = 35%). These differences could be related to group and habitat characteristics and to resource availability. The presence of CMs influenced the behavior of GLTs. There was evidence of competition during the winter, with increases in territorial and foraging behavior associated to the presence of CMs. There was evidence of benefits during the summer, with changes in adult vigilance, associated to the presence of CMs. GLTs were also observed feeding on gums obtained from tree gouges made by CMs. There were other behavioral changes (decrease in the foraging of bananas and increases in social behavior) associated to the presence of CMs. These results suggest that common marmosets are an important factor for the conservation of GLTs, and that further studies are necessary to understand niche overlap and competition between species.

**Key words:** ecology, golden lion tamarin, common marmoset, exotic species, species interactions

### INTRODUÇÃO

A atividade humana predatória e indiscriminada causou a redução da Mata Atlântica a cerca de 7% do seu tamanho original (SOS Mata Atlântica 1998).

Muitas espécies de animais, principalmente vertebrados terrestres, vivem hoje em pequenas populações com diferentes graus de isolamento. Isto as faz vulneráveis a catástrofes, processos aleatórios e outros efeitos antrópicos, como a caça e introdução de espécies exóticas.

A introdução de espécies exóticas pelo homem, através do transporte de espécies e sua distribuição por todo o mundo, vem alterando as biotas nativas. A falta de seu predador natural, a abundância de presas sem defesa natural contra essa espécie nova e habitats perturbados, frequentemente dão ao invasor uma vantagem sobre as espécies nativas, alterando seu habitat, trazendo doenças e podendo levar à extinção algumas espécies nativas. Os animais exóticos podem ainda ser competidores. O nicho ecológico da espécie exótica vai determinar com quantas espécies nativas irá competir e o grau de competição entre elas. A competição pode ser de duas formas: por exploração, quando a espécie simplesmente consome os recursos antes que outro o faça; ou por interferência, quando os animais mantêm os outros afastados dos recursos através de lutas ou exibições agressivas. Não há evidências comprovadas da possibilidade de que a introdução de uma espécie animal seja benéfica para uma espécie nativa.

O mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*) é uma espécie nativa de Floresta Atlântica, sendo um dos primatas mais ameaçado de extinção em todo o mundo. As populações remanescentes (total de 800 indivíduos) se encontram em fragmentos de mata, sendo que 60% deles se encontram em áreas protegidas, 25% em áreas não protegidas mas seguras e 15% em pequenos fragmentos florestais isolados e desprotegidos. O programa de conservação para o mico-leão, atualmente dirigido pela Associação Mico-Leão-Dourado (AMLD), consiste de ações de conservação das populações selvagens, reintrodução de animais de cativeiro ao ambiente nativo, e translocação de animais de áreas muito degradadas e sob risco para áreas protegidas. O programa de reintrodução do mico-leão consiste na soltura de animais de cativeiro encontrados em zoológicos (nos EUA e Europa) em fragmentos de Mata Atlântica de fazendas particulares no estado do Rio de Janeiro (14 fazendas). A população proveniente de reintroduções representa hoje 30% dos micos leões dourados em vida livre. Grande parte do sucesso deste programa se deve a esforços após a reintrodução para manter a sobrevivência dos animais de cativeiro até eles se reproduzirem na mata. Os descendentes nascidos na mata tem maior sobrevivência que seus pais nascidos em cativeiro. No último PHVA (Análise de Viabilidade de Habitats e Populações), foi colocado como prioridade a compreensão dos fatores que afetam a sobrevivência após as reintroduções, como foi a presença do *Callithrix jacchus*, uma espécie exótica no estado do Rio de Janeiro (Ballou et al., 1998).

A partir de 1985 foi observada a presença de indivíduos de mico estrela (*Callithrix jacchus*) em fragmentos de mata nas fazendas destinadas à reintrodução

do mico-leão. Observações feitas pelos técnicos da AMLD, indicam que o sagüi utiliza os comedouros colocados para os micos-leões e os acompanha durante o dia, sendo registrados comportamentos agressivos e afiliativos entre as espécies. O mico-estrela, originário do Nordeste brasileiro, foi introduzido no estado do Rio de Janeiro, sendo considerado uma espécie exótica. Essas espécies podem competir, já que ambas são consideradas frugívora-insetívora, sendo que o sagüi se alimenta ainda, de consideráveis quantidades de exsudatos de árvores (gomas) (Coimbra-Filho & Mittermeier, 1976). O mico-leão se alimenta de goma oportunisticamente, pois sua arcada dentária não é própria para a perfuração dos troncos

Não existem dados quantitativos sobre o tamanho da população de sagüi, grau de associação entre as duas espécies e a organização funcional da associação. A associação entre espécies de primatas simpátricos, incluindo a formação de grupos mistos, tem sido documentada na floresta Amazônica. Nestes casos as associações parecem trazer benefícios mútuos, como na captura de presas, defesa contra predadores e exploração e defesa de territórios maiores. *Leontopithecus* e *Callithrix* são simpátricos somente nas florestas do norte da Bahia (Rylands, 1989). Na Reserva Biológica do Una, *L. chrysomelas* e o *C. kuhli* se associam com pouca frequência (Rylands 1989).

O objetivo deste trabalho é avaliar se a presença do *Callithrix jacchus* representa um problema para a conservação de *Leontopithecus rosalia*. Tivemos como foco: (1) Estimar a população de sagüi no maior fragmento de mata com micos leões reintroduzidos; (2) Quantificar o grau de associação entre as duas espécies durante as épocas de abundância e escassez de alimentos; (3) Caracterizar a associação, visando verificar se ocorrem comportamentos sociais que refletem competição ou cooperação entre as espécies. Se existe competição, então a presença do sagüi estará associada a mudanças no forrageio e/ou aumento de comportamentos territoriais. Se houver cooperação, os possíveis benefícios seriam a redução de vigilância e a exploração de fontes de alimento alternativa.

## MÉTODOS

### Local de estudo

Este estudo foi realizado na Fazenda Rio Vermelho (FRV), localizada no município de Rio Bonito, no Estado do Rio de Janeiro (42° 35' 00" W, 22° 43' 00" S). Esta fazenda foi escolhida como modelo por ter o maior fragmento de mata (1000 ha) das fazendas do programa, a maior população de mico-leão reintroduzidos, os micos serem habituados e monitorados três dias por semana pelos técnicos da AMLD desde 1987 e pela presença de sagüi na área. Ao início do estudo esta fazenda possuía 10 grupos de micos-leões com um total de 65 indivíduos marcados



individualmente e com colares de telemetria (um indivíduo por grupo). Foram selecionados quatro grupos de micos-leões, baseando-se na acessibilidade dos grupos, grau de habituação e a presença habitual de sagüis (Tabela 1). Estimamos um número mínimo de grupos de sagüis interagindo com os micos-leões baseando-nos nos grupos observados e confirmados.

Tabela 1. Grupos estudados de micos-leões-dourados- (número de indivíduos no início do estudo e o mínimo de grupos de micos-estrela)

Grupos Mico-leão	Total	Machos adultos e subadultos	Fêmeas adultas e subadultas	Imaturos	Sagüi
Estocolmo (EST)	13	4	4	5	2 grupos
Rio Vermelho (RV)	6	2	1	3	1 grupo
Triplets (TRI)	9	4	2	3	2 grupos
Appenheul (APP)	6	2	2	2	1 grupo

### Amostragem da população

A partir de Outubro de 1998 começaram as capturas mensais para estimar o tamanho da população de *C. jacchus* na FRV. As capturas foram feitas usando-se entre 12 a 18 armadilhas tipo Tomahawk por grupo. As armadilhas foram iscadas com bananas e colocadas nas plataformas de sete grupos de micos-leões da fazenda Rio Vermelho, onde estão localizados os comedouros artificiais (cada grupo tem uma plataforma). Após abertas, as armadilhas foram monitoradas ao longo do dia. O esforço para capturar um grupo terminou no dia em que foi capturado pelo menos um mico (o esforço não chegou a ultrapassar 5 dias consecutivos em um mês).

Os sagüis capturados foram levados ao laboratório (localizado a 5 km da fazenda), com suas armadilhas cobertas com panos para evitar o estresse, aonde foram anestesiados com Ketamina, marcados com tatuagem (na perna direita, com a sigla do grupo e o número do mico) e um transmissor de telemetria foi colocado no maior animal do grupo (>350 gramas). Foram colocados colares em 4 sagüis, um indivíduo para cada plataforma associada a um grupo de mico-leão diferente. Estes colares permitem a localização dos grupos através do uso de um receptor de telemetria (Telonics TR-4). Os animais ficaram sob supervisão veterinária até passar os efeitos do anestésico, após o qual foram devolvidos ao lugar de captura.

A estimativa do número de sagüis associados a cada grupo de mico-leão estudado foi feita através da contagem de todos os indivíduos capturados e marcados, representando o número mínimo de sagüis na fazenda Rio Vermelho. Este número foi dividido pela área de mata para estimar a densidade populacional mínima.

## **Caracterização da Associação**

Os grupos foram observados durante a estação chuvosa e de abundância de alimentos (Verão de janeiro a abril) e a estação seca e de escassez de alimentos (Inverno de julho a setembro). Em cada estação os grupos foram observados por 6 a 9 dias (total de 32 dias no verão e 25 dias no inverno), entre as 7:00 e 16:00 horas diariamente (com uma média de 7 horas de observação). Os grupos não foram observados no período das capturas.

## **Grau de Associação e Comportamento**

Utilizamos os dados de amostragem de varredura (*scan sampling*), para determinar o grau de associação entre as espécies e para saber se o comportamento do mico-leão muda na presença do sagüi. A cada vinte minutos foi anotado o comportamento (Tabela 2) de cada indivíduo do grupo (forrageio- frutas e insetos, comendo, social, vigilante, territorial, dormindo, não visível) e a localização do sagüi (ausente, presente) através do avistamento ou do uso do equipamento de telemetria, a saber: (a) Ausente: quando não houve sinal no rádio de telemetria, ou há um sinal fraco indicando que estão longe da área do mico-leão. (b) Presente: quando o sinal no rádio foi muito forte (sinal intenso obtido em 360°( do receptor) indicando a proximidade do sagüi; ou no caso de sagüis sem colar de telemetria, sendo possível escutar a vocalização do sagüi ou em contato direto com o mico-leão.

As diferenças entre estações (verão e inverno) dos índices de associação das espécies, foram avaliadas usando-se estatísticas não paramétricas (teste Wilcoxon) . O valor de probabilidade = 0,06, foi aceito como significativo pois o tamanho da amostra é pequeno. Todas as estatísticas foram calculadas usando o programa STATVIEW® para Macintosh (Abacus concepts, 1998).

Os dados de varredura foram usados para calcular a ocorrência relativa de cada comportamento por grupo quando os sagüis estão presentes e ausentes. A frequência de ocorrência de cada comportamento foi calculada para cada indivíduo como a proporção das varreduras nas quais o indivíduo foi observado fazendo as atividades (scans para comportamento/ scans totais). Essa frequência de ocorrência individual foi usada para calcular uma média para cada classe de idade- adultos, subadultos e imaturos- de cada grupo). Desta forma o número de amostra foi o número de grupos multiplicado por três (três classes de idade). Foram usados testes paramétricos (ANOVA de medidas repetidas) para determinar se as diferenças em ocorrência relativa na ausência e presença de micos estrela são significativas.

Tabela 2. Definições dos comportamentos dos micos-leões-dourados usados nos focais e scans

COMPORTAMENTO	DEFINIÇÃO
Forrageio de insetos	procura de insetos ou pequenos vertebrados nos troncos, galhos, folhas, cascas de árvores, bromélias e no chão.
Forrageio de bananas	comendo ou procurando nos comedouros a suplementação (bananas) fornecida pelos técnicos da AMLD.
Forrageio de frutas	procura de frutas em copas de árvores ou nos cachos.
Sucesso	tempo gasto comendo insetos dividido pelo tempo gasto em Forrageio de insetos.
Vigilância	animal atento, com o olhar de varredura, geralmente na periferia do grupo, estando na maior parte das vezes deitado em forma de esfinge.
Territorial	o animal está vocalizando muito (Long calls), podendo haver brigas, demonstrações agressivas, marcação em galhos e troncos, gritos de alarme.
Comendo	quando o animal está ingerindo frutas ou presas
Dormindo	Animal deitado nos galhos, olhos fechados. Descansando.
Social	o animal está interagindo socialmente, incluindo brincadeira; catação; comportamentos afiliativos; amamentação.

## RESULTADOS

A população de *C. jacchus* na FRV é maior do que a população de *L. rosalia*. Foram marcados 90 indivíduos de sagüi, provavelmente de 9 grupos sociais, representando uma densidade populacional de 0,09 ind/ha, enquanto que a população de mico-leão foi de 62 animais (densidade= 0,06 ind/ha). Foi observado que nos territórios de dois grupos de mico-leão (TRI, EST) havia pelo menos dois grupos de sagüi, enquanto nos outros grupos (APP, RV) havia apenas um grupo de sagüi.

O grau de associação entre as duas espécies variou entre grupos e estações do ano (Tabela 3). O grupo Estocolmo teve os maiores índices de associação, praticamente o dobro dos outros grupos. No inverno os índices de associação foram significativamente maiores que no verão ( $F=1,82$ ;  $df=1,3$ ;  $p=0,06$ ).

A presença do sagüi influencia o comportamento do mico-leão de formas distintas no verão e no inverno (Tabela 4) e os grupos foram afetados de diferentes formas. No verão, a presença do sagüi está associada a uma diminuição do forrageio das bananas ( $F=4,66$ ;  $df=1,11$ ;  $p=0,05$ ), aumento do comportamento social ( $F=4,80$ ;  $df=1,11$ ;  $p=0,05$ ) e uma diminuição da vigilância por parte dos adultos ( $F=13,08$ ;  $df=1,7$ ;  $p=0,01$ ). No inverno, a presença do sagüi está associada a aumento no forrageio de frutas naturais ( $F=15,7$ ;  $df=1,11$ ;  $p=0,002$ ) e na ocorrência de comportamento territorial ( $F=8,06$ ;  $df=1,11$ ;  $p=0,01$ ).

Tabela 3. Índice de associação (proporção dos scans com mico estrela presente) entre mico leão dourado e mico estrela no verão e no inverno

GRUPOS	VERÃO	INVERNO
Rio Vermelho	0,32	0,40
Appenheul	0,25	0,64
Estocolmo	0,68	0,81
Triplets	0,17	0,63
MÉDIA	0,35	0,62

Tabela 4. Médias (X); desvio padrão (dp) e nível de significância estatística (p) dos comportamentos dos micos leões dourado na ausência e presença dos micos estrela no verão e inverno, obtidos pelos dados dos scans. ns= não significativo/  $p > .05$ ; ANOVA medidas repetidas.; n=12. O p reflete o valor após correção de Bonferroni.

Comportamentos	Verão					Inverno				
	Ausente		Presente		p	Ausente		Presente		p
	X	dp	X	dp		X	dp	X	dp	
FORAGEIO insetos	.14	.06	.17	.04	ns	.17	.05	.17	.04	ns
Sucesso	.12	.10	.11	.18	ns	.08	.13	.08	.07	ns
FORAGEIO bananas	.007	.006	.002	.006	.05	.02	.02	.02	.01	ns
FORAGEIO frutas	.02	.01	.03	.03	ns	.03	.02	.07	.02	.02
Vigilância	.09	.05	.06	.05	ns	.06	.05	.07	.06	ns
Vigilância adultos	.12	.05	.06	.05	.008	.08	.04	.07	.05	ns
Territorial	.03	.04	.02	.03	ns	.02	.03	.06	.06	.01
Dormindo	.14	.09	.13	.08	ns	.07	.08	.04	.03	ns
Social	.05	.03	.10	.07	.05	.08	.04	.10	.05	ns

## DISCUSSÃO

*Callithrix jacchus* é uma espécie originária do nordeste brasileiro. Atualmente está presente em vários fragmentos de mata no Estado do Rio de Janeiro, sendo frequentemente encontrada em parques da cidade do Rio de Janeiro, além de fazendas no estado. No maior fragmento de mata com mico-leão reintroduzidos, a fazenda Rio Vermelho (FRV) em Rio Bonito, esses saguis são mais abundantes que os micos-leões. As fêmeas de *Callithrix* possuem um alto potencial reprodutivo, com dois partos anuais de gêmeos enquanto o mico-leão geralmente só tem um parto ao ano. Na FRV, foi documentada a presença de fêmeas de sagüi grávidas e lactantes em

todas as estações do ano, já o mico-leão só teve filhotes no período de setembro a março. O alto potencial reprodutivo do sagüi, aliado ao tráfico e soltura indiscriminada de animais silvestres em áreas em que não são nativos, pode ser responsável pela rápida expansão da espécie pelo estado do Rio de Janeiro.

O grau de associação entre *L. rosalia* e *C. jacchus* variou entre estações do ano. As diferenças do grau de associação entre estações (inverno > verão) pode ser o resultado de uma maior abundância de recursos no verão, não havendo a necessidade de uma procura muito intensa, nem de uma competição mais acirrada pelo alimento. O aumento da associação das espécies no inverno pode ser resultado da escassez de recursos gerando um aumento temporal e espacial da procura por alimentos, ocasionando uma sobreposição de território entre os micos-leões e os micos estrela. No inverno, a suplementação de bananas colocada para os micos leões pode ser um fator que leva a um maior grau de associação entre as espécies ao oferecer uma fonte localizada de alimento abundante.

O grau de associação também variou entre os grupos. Esta variação pode estar relacionada a características dos grupos (tamanho do grupo de mico-leão, idade dos indivíduos, número de sagüis na área) e de habitat (habitats com mais recursos). O grupo de micos-leões que teve maior índice de associação, tanto no inverno (81%) quanto no verão (68%), é o maior da fazenda com 13 indivíduos (sendo 6 subadultos e 4 imaturos) e com a presença de pelo menos 2 grupos de sagüi na área, já sendo observado brincadeira entre as duas espécies por mais de duas horas ininterruptas. Além disso, há um pomar com jaqueiras, jambo, cajueiros que atrai ambas as espécies. Outra possibilidade é que o grau de associação para grupos de micos-leões maiores seja decorrente de tamanho de território e portanto da probabilidade de encontro entre as duas espécies. Existe variação no tamanho de territórios de micos leões, mas não está associada a tamanho de grupo (Dietz et al. 1997).

Embora os índices pareçam altos, essas duas espécies não formam grupos mistos, como ocorrem em muitas espécies de *Saguinus*, como *Saguinus fuscicollis avilapiresei* e *Saguinus mystax pileatus* na Amazônia brasileira, *Saguinus fuscicollis* e *Saguinus mystax* na Amazônia Peruana e *Saguinus fuscicollis weddelli* e *Callithrix emiliae* na Amazônia brasileira que passam em média 80% do tempo juntos (Garber, 1988; Heymam, 1990; Peres, 1992; Peres, 1993). Nestes casos as associações parecem trazer benefícios claros, como na captura de presas, defesa contra predadores, exploração e defesa de territórios maiores. A associação entre *L. rosalia* e *C. jacchus* pode ser similar com a que ocorre na floresta Atlântica de Una, na Bahia. O mico-leão-de-cara-dourada, *Leontopithecus chrysomelas*, é simpátrico com *Callithrix kuhlii*, os quais se associam mas com pouca frequência e sem aparente formação de grupos mistos (Rylands 1989).

A associação entre o mico-leão e o sagüi apresenta características tanto de competição quanto de cooperação. A competição entre as espécies é demonstrada

principalmente no inverno, quando há escassez de recursos. A distribuição espacial dos recursos irá determinar os movimentos dos animais, aumentando ou não o uso de área, de acordo com a disponibilidade dos alimentos (dependente da época do ano). A presença de um competidor com dieta similar (ambos são frugívoros-insetívoros) e a falta de alimentos no ambiente, faz com que tanto a exploração quanto a defesa dos recursos seja maior. A tendência é comer antes que o outro coma, aumentando a competição e conseqüentemente a territorialidade. A presença do sagüi nesta época está associada a um aumento no forrageio de frutas naturais e bananas, um aumento do comportamento territorial, com um maior número de encontros entre os grupos; exibições agressivas, lutas, defesas de territórios (e de recursos alimentares) e chamadas longas. A maioria dos comportamentos agonísticos ocorridos foram iniciados pelo mico-leão, sugerindo que a presença do sagüi não é tolerada pelo mico-leão. No inverno, foi observado que a presença do sagüi nas plataformas aumentou, ocorrendo várias vezes roubos de bananas, por parte do sagüi, e brigas, por parte dos micos-leões.

Os benefícios provenientes da associação entre o micos-leões e o sagüis foram mais evidentes no verão. Dois benefícios da socialidade são: a redução em vigilância individual com o aumento do tamanho do grupo e a exploração de novas fontes de alimento. A presença do sagüi está associada a uma diminuição da vigilância por parte dos adultos (mas não dos imaturos); uma diminuição no forrageio das bananas e um aumento do comportamento social por parte dos micos-leões. O benefício de defesa contra predadores em associações entre espécies, foi observado em grupos de *Saguinus*, pois o aumento do tamanho do grupo produz efeitos de diluição; confusão; maior habilidade de detectar predadores e de detê-los. Foi observado neste estudo que quando as duas espécies estão se alimentando das bananas na plataforma, após qualquer vocalização de alarme dada pelo mico-leão ou pelo sagüi, as duas espécies correm para os galhos e começam a vocalizar. Este tempo de vigilância reduzida e a abundância de recursos propiciaria um aumento de atividades sociais já que a procura pelo alimento não seria tão extensa. No entanto, o sagüi é uma espécie de coloração críptica e menor que o mico-leão dourado. Apesar das taxas de vigilância diminuírem e as vocalizações de alarme serem mútuas, é provável que o sagüi seja mais beneficiado, por causa de suas características morfológicas, pois seria detectado tardiamente pelo predador.

Outro possível benefício é a exploração de fontes de alimentos alternativas. Os micos-leões foram observados se alimentando de gomas provenientes de buracos nas árvores feitos pelos sagüis. Esta nova fonte de alimento estaria enriquecendo sua dieta com polissacarídeos. O mico-leão já foi observado se alimentando de gomas oportunisticamente, em nódulos de árvores, mas os buracos feitos pelos sagüis ocupam praticamente todo o tronco da árvore, aumentando ainda mais no inverno. Não sabemos se essa exploração da goma pelo mico-leão é prejudicial para o sagüi, como

re para *Callithrix emiliae* na Amazônia (Lopes e Ferrari, 1994). Em certas regiões os grupos de *Saguinus fuscicollis weddelli* e de *Callithrix emiliae* viajavam na mesma direção, *Saguinus fuscicollis weddelli* chegava primeiro nas árvores e chegava com a goma dos buracos antes que o *C. emiliae* chegasse. A associação entre o mico-leão e o sagüi pode estar trazendo benefícios como a exploração de novas fontes alimentares, no entanto, é necessário mais informações sobre o uso de buracos pelos micos-leões para saber se esta nova fonte alimentar é usada apenas oportunisticamente, quando eles passam pelas árvores com buracos, ou se os micos-leões procuram essas árvores e vão atrás dos sagüis para encontrá-las.

A presença do sagüi influenciou os grupos de diferentes formas. Quando analisamos o grupo Triplets da amostra, a presença do sagüi aumentou o forrageio de grupos nativos significativamente durante o verão, e o sucesso de capturas de presas aumentou significativamente no inverno. Triplets foi o grupo que apresentou o menor índice de associação no verão (17%) quando a média foi de 35%, a presença dos sagüis no grupo, restringiu-se à apenas algumas horas do dia e diminuiu o forrageio de grupos nativos por parte dos micos-leões, influenciando a análise. Ao retirarmos o grupo Appenheul da amostra, a presença do sagüi no inverno aumenta o forrageio de grupos nativos por parte dos micos-leões. Este grupo apresenta uma peculiaridade, o local de forrageio dos sagüis fica a alguns metros do jirau onde são colocadas as bananas, portanto, a presença dos sagüis no jirau é constante, influenciando a análise.

Podemos concluir que o sagüi pode interferir na conservação do mico-leão. O sagüi está amplamente distribuído nas áreas de ocorrência do mico-leão, sendo mais abundante no maior fragmento de mata das fazendas particulares incluídas no programa de reintrodução. Existe uma associação considerável entre as espécies, interagindo como competidores na época de escassez de alimentos, mas também com alguns possíveis benefícios. Antes de qualquer medida de manejo da população dos sagüis, é necessário mais estudos para determinar até que ponto a possível sobreposição de nichos poderá prejudicar o restabelecimento do mico-leão em seu ambiente natural e saber como a dispersão do sagüi pelas fazendas está ocorrendo, pois a presença de um exótico competidor é essencial para considerar as áreas de reintrodução ou translocação.

## AGRADECIMENTOS

Esse estudo recebeu apoio logístico e informações da Associação Mico-leão do Dourado e IBAMA- Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, FENORTE, PRONABIO/PROBIO/MMA com fundos do D/GEF, Frankfurt Zoological Society Fund for Threatened Species, National Zoological Park, Smithsonian Institution e WWF- World Wild Fund for Nature. Agradecemos aos alunos (Vera Sabatini, Sérgio Bonadiman, Guilherme

Faria, Amílcar Fraga, Fabrício Alvim, Claudia R. de Oliveira, Alexandre, Marciane, Alessandra e Andressa, Adriane, Carla, Andréia, Agnes Velloso, Carlos Eduardo Verona,) e técnicos (Nelsinho, Arléia, Paulo, Zamã, William, Javez e Paulo César, Ezequiel Moraes) que nos ajudaram na coleta de dados e ao Sr. Paulo Abreu, dono da fazenda aonde foi realizado o estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, J. D., R. C. LACY, D. G. KLEIMAN, A. RYLANDS & S. ELLIS (1998). *Leontopithecus* II. Final Report: The second population and habitat viability assessment for lion tamarins (*Leontopithecus*), Held 20-22 May, 1997, Belo Horizonte, Brazil. Belo Horizonte, Brazil, International Committee for the Conservation of Lion Tamarins.
- COIMBRA-FILHO, A. & R. A. MITTERMEIER (1976). "Exudate-eating and tree-gouging in marmosets." *Nature* 262(5569): 630.
- DIETZ, J., L. DIETZ & E. NAGAGATA (1994). The effective use of flagship species for conservation of biodiversity: the example of lion tamarins in Brazil. *Creative Conservation: Interactive management of wild and captive animals*. P. J. S. Olney, G. M. Mace and A. T. C. Feistner. London, Chapman & Hall: 32:49.
- GARBER, P. A. (1988). "Diet, foraging patterns, and resource defense in a mixed species troop of *Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis* in amazonian Peru." *Behaviour* 105(1-2): 18-34.
- HEYMANN, E. W. (1990). "Interspecific relations in a mixed species troop of moustached tamarins, *Saguinus mystax*, and saddle back tamarins, *Saguinus fuscicollis* (Platyrrhini: Callitrichidae), at the Rio Blanco, Peruvian Amazonia." *American Journal of Primatology* 21: 115-127.
- LOPES, M. A. & S. F. FERRARI (1994). "Foraging behavior of a tamarin group (*Saguinus fuscicollis weddelli*) and interactions with marmosets (*Callithrix emiliae*)." *International Journal of primatology* 15(3): 373-387.
- PERES, C. A. (1992). "Prey-capture benefits in a mixed-species group of Amazonian tamarins, *Saguinus fuscicollis* and *S. mystax*." *Behavioral Ecology and Sociobiology* 31: 339-347.
- PERES, C. A. (1993). "Anti predation benefits in a mixed species group of Amazonian tamarins." *Folia Primatologica* 61: 61-76.
- RYLANDS, A. B. (1993). The ecology of the lion tamarins, *Leontopithecus*: some intrageneric differences and comparisons with other callitrichids. Marmosets and tamarins: systematics, behaviour, and ecology. A. R. Rylands. Oxford, Oxford University Press: 296-312.
- SCHOENER, T. (1974). "Resource partitioning in ecological communities." *Science* 185: 27-39.
- SOS MATA ATLÂNTICA (1998). Atlas dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados no Domínio da Mata Atlântica no período 1990-1995. São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Instituto Socioambiental.
- STEVENSON, M. F. & A. B. RYLANDS (1988). The Marmosets, Genus *Callithrix*. Ecology and Behaviour of Neotropical primates. R. A. Mittermeier, A. F. Coimbra-Filho, G. B. Fonseca. Washington, D.C. 2: 131-222.



## O MICO-LEÃO-DOURADO (*LEONTOPITHECUS ROSALIA* LINNAEUS, 1766) MINIMIZA OS CUSTOS DO COMPORTAMENTO DE BRINCADEIRA?

CLÁUDIA R. DE OLIVEIRA<sup>1</sup> & CARLOS R. RUIZ-MIRANDA<sup>2</sup>

1- Depto. de Psicobiologia – FFCLRP – USP. Av. Bandeirantes 3900 – CEP 14040-901 Rib. Preto SP. 2- Lab. de Ciências Ambientais – CBB – UENF.

### RESUMO

A dinâmica da ontogenia das interações sociais é muito importante para a compreensão do desenvolvimento comportamental entre filhotes de micos-leões-dourados e outros animais do grupo. Apesar dos benefícios no desenvolvimento social e motor, o comportamento de brincadeira apresenta custos, como injúrias físicas e predação. A vigilância pelos adultos, seleção de substratos seguros e de parceiros de idades semelhantes reduziriam estes custos. O objetivo deste estudo foi descrever o padrão do comportamento de brincadeira do mico-leão-dourado e investigar as relações entre as estratégias de minimização dos seus custos, além de comparar micos selvagens e reintroduzidos. Foram feitas observações dos comportamentos de brincadeira dos filhotes e vigilância dos adultos em cinco grupos de micos reintroduzidos (nove filhotes) e quatro de micos selvagens (sete filhotes). A vigilância foi analisada segundo o tipo de brincadeira, substratos e participantes. A maioria das brincadeiras observadas foi social mista, sendo o substrato “galhos” o mais utilizado. Machos e fêmeas reprodutores exibem vigilância enquanto os filhotes brincam. Não há diferenças entre grupos selvagens e reintroduzidos. Os resultados sugerem que há minimização dos custos durante a brincadeira, através da associação entre escolha de substrato e da vigilância pelos adultos, porém isso não ocorre em relação à escolha de parceiros para as brincadeiras.

**Palavras-chave:** Mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia*, brincadeira, comportamento.

### ABSTRACT

**Do Golden Lion Tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) minimize the play behavior costs?** The dynamics of ontogeny of social relationships are very important for the understanding of behavioral development among young golden lion tamarins and other group members. Despite the benefits for social and

motor skills, play behavior presents costs, such as risks of injuries and predation. Adult vigilance, substrate selection and same-aged partners to play could minimize such costs. This study describes play behavior in golden lion tamarins and investigates the strategies for reduction of its costs, and compares wild and reintroduced tamarins. We collected data on play behavior and vigilance by adults in five groups of reintroduced tamarins (nine infants) and four groups of wild tamarins (seven infants). Vigilance was analysed according to the type of play, substrates and participants. Play was mainly social, involving partners of different ages. The favored substrates were branches and thickets, as opposed to the ground and canopy. The alpha animals were vigilant while the infants were playing. There were no differences between wild and reintroduced groups. These results suggest that play is organized to minimize costs through substrate selection and adult vigilance. Selection of play partners did not appear to fit a minimization of costs strategy.

**Key words:** Golden lion tamarin, *Leontopithecus rosalia*, play behavior.

## INTRODUÇÃO

A brincadeira é um comportamento complexo, variando de acordo com as espécies e ambiente. Este comportamento é caracterizado por seqüências de movimentos exagerados, repetitivos, incompletos e marcados por sinais específicos, como a “boca aberta” ou “expressão facial de brincadeira”, vocalizações e contatos físicos e visuais (Bekoff, 1984; Fagen, 1981). Várias funções são atribuídas a esse comportamento, entre elas estão: o desenvolvimento físico e preparação física para futuras competições sociais ou atividades de caça (Fagen, 1981, 1993; Bekoff, 1984; Caro, 1995), auto-avaliação de habilidades competitivas (Thompson, 1996), o aprendizado de relações sociais, hierarquia de grupo e sinais de comunicação (Lee, 1983; Bekoff, 1984; Fagen, 1993; Bekoff & Byers, 1998) e a aquisição de padrões comportamentais de inovação, como o uso de ferramentas em mamíferos superiores (Smith, 1982). A organização do comportamento de brincadeira (i.e., frequência, composição comportamental, estrutura seqüencial, interatividade e reciprocidade) parece refletir aspectos importantes do comportamento das espécies; ou seja, filhotes brincam de atividades que terão de ser dominadas para garantir sobrevivência e sucesso reprodutivo (Bateson, 1981; Drea, 1996). Em primatas, o comportamento de brincadeira está relacionado ao desenvolvimento de habilidades motoras, sociais e cognitivas (Owens, 1975; Masataka e Kohda, 1988). Essas funções podem ser consideradas benefícios tardios adquiridos, entretanto, o comportamento de brincadeira tem custos imediatos, como o risco de predação (Harcourt, 1991) e de injúrias físicas. Estes podem levar a custos em termos de aptidão evolutiva (“fitness”), como redução na probabilidade de sobrevivência e

no sucesso reprodutivo. Como os benefícios deste comportamento ocorrem geralmente a longo prazo (i.e., quando o animal se torna adulto), espera-se que os custos a curto prazo sejam minimizados. A minimização desses custos pode partir de comportamentos individuais ou de grupo, ou ainda, da associação de ambos. A escolha de parceiros de tamanho semelhante para as brincadeiras (Berger, 1980; Tartabini, 1991; Lee, 1983), e a utilização de substratos estáveis (i.e., galhos fortes) são estratégias de comportamentos que poderiam reduzir os riscos de injúrias. A escolha de um local seguro para brincar (i.e. o centro do grupo), a vigilância pelos animais mais velhos do grupo durante as brincadeiras (Biben *et. al.*, 1989), a rejeição de áreas de maior vulnerabilidade a predadores (i.e., copa das árvores e chão), e a seleção de substratos seguros (i.e., emaranhados), compõem estratégias de comportamentos que minimizariam os riscos do custo de predação.

Este trabalho teve como objetivos descrever o padrão do comportamento de brincadeira de filhotes de mico-leão-dourado e verificar se a organização deste comportamento reflete a minimização dos seus custos, além de comparar micos selvagens e reintroduzidos. Para isso foram testadas hipóteses sobre a relação entre a organização do comportamento de brincadeira e os seus potenciais custos. Foram esperadas diferenças entre animais selvagens e reintroduzidos, sugerindo predições que os selvagens exibiriam maior vigilância e seriam mais seletivos quanto ao tipo de substrato, em relação aos reintroduzidos, devido à maior experiência com predadores.

O Mico-Leão-Dourado (*Leontopithecus rosalia*) é uma espécie que habita a Mata Atlântica costeira do Estado do Rio de Janeiro; vive em grupos de 2 a 14 indivíduos (Kleiman *et al.*, 1988), que constituem famílias com um único casal reprodutor, filhos adultos, subadultos, juvenis e filhotes. Essa estrutura social provê a oportunidade de se ter parceiros de várias idades para brincar, constituindo um bom modelo para avaliar hipóteses sobre a relação entre custos e a organização do comportamento de brincadeira.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

Este estudo foi realizado em três áreas de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro: a Reserva Biológica Poço das Antas (RBPDA), situada entre os municípios de Casimiro de Abreu e Silva Jardim, e em duas Fazendas Particulares de Reintrodução (FPR), Fazenda do Estreito no município de Silva Jardim e Fazenda Rio Vermelho no município de Rio Bonito. A área total da RBPDA é de aproximadamente 6300 ha, sendo 3025 ha cobertos por Mata Atlântica de baixada, que constitui vários ecotipos, como brejo, topo de morro, encosta de morro e o ecótono formado por corredores de

floresta entre o brejo e a encosta (Dietz *et al.* 1997). As FPR constituem uma área de 3100 ha, e têm estrutura de vegetação semelhante à da RBPDA.

## **Animais**

Os micos selvagens encontram-se na RBPDA e os micos reintroduzidos, nas FPR. Os grupos reintroduzidos recebem suplementação de frutas (bananas) três vezes por semana e os micos selvagens não recebem suplementação. Foram selecionados animais pertencentes a cinco grupos de micos selvagens, onde foram observados sete filhotes e os casais reprodutores e cinco grupos de micos reintroduzidos, observando-se nove filhotes e os casais reprodutores. Esses grupos eram constituídos por um casal reprodutor, pelo menos um outro adulto ou subadulto e pelos filhotes. Os grupos de animais reintroduzidos possuíam pelo menos um dos reprodutores nascido em cativeiro ou filho de 1ª geração de animais nascidos em cativeiro. Os animais estudados estavam habituados à proximidade de humanos e ao menos um animal de cada grupo possuía um colar de telemetria. Todos os animais eram marcados com tinta para cabelos (nyanzol) para identificação.

## **Coleta de dados**

As observações foram realizadas entre os 60 e 150 dias de vida dos filhotes, das 06:00 às 16:00 hs, com exceção de 3 grupos selvagens, que foram observados das 06:00 às 13:00 hs. Os grupos reintroduzidos e um dos selvagens foram observados entre novembro/98 e março/99 (c. 294 h), sendo 3 grupos selvagens observados entre janeiro/97 e abril/97 (c. 168 h). Foram observados o comportamento de brincadeira dos filhotes e a vigilância dos adultos reprodutores durante o período das brincadeiras (Tabela 1), ambos pelo método de amostragem do comportamento, onde o evento é registrado do início ao fim. Dois observadores formavam uma equipe, sendo um responsável pela observação dos filhotes e o outro pela dos adultos.

## **Análises**

O período de tempo em que os animais permaneceram não visíveis foi subtraído do tempo total de observação de cada animal, para a obtenção do tempo real de observação (TRO). As médias de cada grupo foram calculadas fazendo-se a somatória do tempo em minutos de cada variável e dividindo-se pelo TRO. As diferenças entre micos selvagens e reintroduzidos foram analisadas utilizando-se o teste T de Student (Zar, 1996). O teste de análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas foi utilizado para analisar as variáveis "substratos de ocorrência" e "categorias de

brincadeira”. Todos os testes estatísticos foram feitos com a utilização do programa “StatView” (Versão 4.1, Abacus Concepts, 1995), para sistema Macintosh.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A brincadeira do mico-leão-dourado (MLD) ocupa apenas 3,8% do período de suas atividades, sendo que, em média, 76% são brincadeiras sociais e 24% são solitárias. Na categoria de brincadeira social, filhotes gêmeos de micos selvagens e reintroduzidos brincaram significativamente mais tempo com animais de diferentes idades (brincadeira mista) do que somente entre eles (ANOVA,  $F = 6,995$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0,03$ ) (Figura 1). Não foram encontradas diferenças significativas entre micos selvagens e reintroduzidos em relação ao tempo gasto em brincadeiras entre “gêmeos” e “mista” (ANOVA,  $F = 0,009$ ;  $gl = 1, 5$ ;  $p = 0,92$ ). Não foram encontradas diferenças significativas entre MLD selvagens e reintroduzidos, relativamente ao tempo gasto (ANOVA,  $F = 0,778$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0,40$ ) nos diferentes substratos utilizados para as brincadeiras. Tanto micos selvagens como reintroduzidos brincaram significativamente mais tempo no substrato “galhos” (ANOVA,  $F = 6,0995$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,03$ ) (Figura 2). Tanto selvagens como reintroduzidos brincaram significativamente mais tempo no centro do grupo em relação à periferia (Teste T para 2 amostras,  $t = 57,061$ ;  $gl = 16$ ;  $p < 0,0001$ ) (Figura 3). Não foram encontradas diferenças entre MLD selvagens e reintroduzidos para o tempo de brincadeira (Teste T para 1 amostra,  $t = 0,721$ ;  $gl = 7$ ;  $p = 0,49$ ) em relação ao local de ocorrência das brincadeiras (Tabela 1). Em relação ao tempo de vigilância durante as brincadeiras, não houve diferenças significativas entre selvagens e reintroduzidos (ANOVA,  $F = 0,01$ ;  $gl = 1, 14$ ;  $p = 0,9$ ) ou entre machos e fêmeas (ANOVA,  $F = 0,0004$ ;  $gl = 1, 14$ ;  $p = 0,9$ ) (Figura 4).

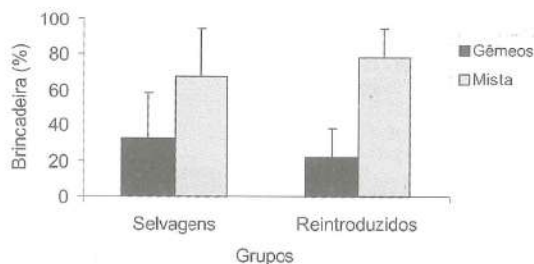


Figura 1: Porcentagem do tempo de brincadeira de micos-leões-dourados (*Leontopithecus rosalia*) selvagens e reintroduzidos nas subcategorias de brincadeira social “gêmeos” e “mista”.

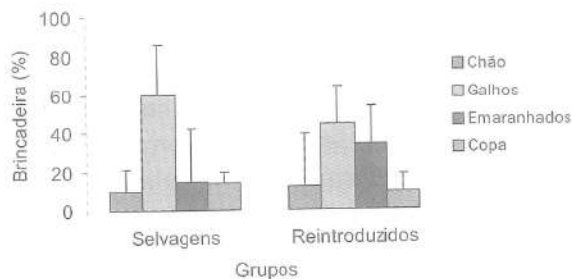


Figura 2: Porcentagem do tempo de brincadeira de micos-leões-dourados (*Leontopithecus rosalia*) selvagens e reintroduzidos nos diferentes substratos utilizados.

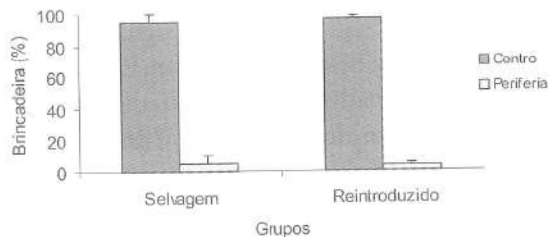


Figura 3: Porcentagem do tempo de brincadeira de micos-leões-dourados (*Leontopithecus rosalia*) selvagens e reintroduzidos nos locais de ocorrência "centro" e "periferia" do grupo.

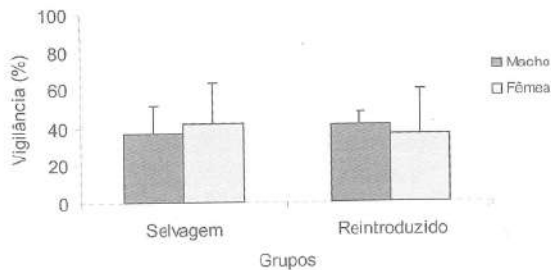


Figura 4: Tempo de vigilância do macho e fêmea reprodutores de mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*) selvagem e reintroduzido durante o contexto de brincadeira.

Tabela 1: Comportamentos, locais, substratos e habitats utilizados por *Leontopithecus rosalia*, baseados em Wilson & Kleiman, 1974; Kleiman *et al.*, 1988 e Gould *et al.*, 1996.

Nomenclatura	Descrição
<b>I- COMPORTAMENTOS</b>	
<b>1. Brincadeira solitária</b>	
Um único indivíduo brinca, sem qualquer interação com outros indivíduos. Pode ser apenas motora ou com utilização de objetos.	
1.1. Brincadeira solitária com utilização de objetos	1) Manipulação repetitiva de folhas ou galhos, podendo ou não morder esses objetos; 2) Bater repetidamente a mão em folhas verdes e observar o balançar destas.
1.2. Brincadeira solitária motora	1) Pular e/ou correr vigorosamente em uma pequena área, utilizando determinados galhos, repetidas vezes; 2) Segurar com ambas as mãos em um galho fino, sem soltar, flexionando e estendendo os joelhos e, às vezes, tirando o apoio dos pés, balançando, conseqüentemente, o galho que está seguro pelas mãos.
<b>2. Brincadeira social</b>	
Interação entre dois (diádica) ou mais indivíduos (triádica ou poliádica).	
2.1. Perseguição	Movimento rápido persistente atrás de outro (s) indivíduo (s).
2.2. Luta	Associação de formas lúdicas de empurrar, agarrar, puxar e rolar, podendo utilizar até os quatro membros.
2.3. Perseguição e luta	Correr atrás de outro (s) indivíduo (s), unindo-se a ele (s) nas formas de luta por alguns segundos, separando-se e correndo para direções opostas.
2.4. Corrida em círculos	Um dos indivíduos começa a pular e/ou correr vigorosamente em determinada área, repetidas vezes, utilizando determinados galhos, seguido imediatamente pelos outros participantes.
<b>3. Vigilância</b>	
Exploração visual do ambiente, onde o animal se mantém estacionário e alerta (posição de "esfinge", sentado ou deitado), sem realizar qualquer outra atividade.	
<b>II- LOCAIS</b>	
1. Centro	Localização dentro do perímetro da área delimitada pelos indivíduos do grupo.
2. Periferia	Localização fora do perímetro da área delimitada pelos indivíduos do grupo.
<b>III- SUBSTRATOS</b>	
<b>1. Chão</b>	
Somente chão ou predominantemente chão associado a partes do tronco, cipós ou galhos bem próximos ao chão (0.5 m).	
2. Galhos	Início da ramificação das árvores; inclui tronco e forquilhas.
3. Emaranhados	Galhos, cipós ou raízes entrelaçados, formando "guetos", conferindo local protegido. É mais comum a brincadeira acontecer em emaranhados a uma altura de aproximadamente 4 m do chão.
4. Copa	Ramificação final, onde estão as folhas; parte mais exposta da árvore.

Os resultados mostraram que a organização do comportamento de brincadeira do mico-leão-dourado (MLD) reflete uma minimização dos custos do risco de predação através da seleção de substratos seguros e local de ocorrência e através da vigilância pelos adultos reprodutores. A espécie *L. rosalia* é muito conspícua em relação à pelagem e às vocalizações dos filhotes, que freqüentemente vocalizam durante as brincadeiras; esta conspicuidade expõe esses filhotes e os outros membros do grupo, a um potencial risco de predação. Características específicas desta natureza obrigam esses animais a apresentarem estratégias para reduzir, ou evitar, o maior dos riscos: a predação.

Os MLD evitaram o chão e a copa das árvores, onde existe grande vulnerabilidade a predadores terrestres e aéreos, respectivamente e, quanto ao local de ocorrência, brincaram preferencialmente no centro do grupo, o que confere maior proteção através da vigilância, e mesmo presença, dos outros indivíduos do grupo. Esses resultados corroboram com as considerações afins de Hamilton (1971) e Pulliam (1973), *apud* Caine & Marra (1988), bem como com Hausfater (1976), *apud* Biben *et al.* (1989). A preferência por substratos estáveis apóia a idéia de redução dos custos. Os MLD brincaram preferencialmente nos galhos, que constituem substratos mais estáveis comparando-se aos galhos delgados das copas das árvores. Foram evitadas as brincadeiras no chão, ainda que este fosse o substrato mais seguro no que se refere a quedas, porém, este resultado é explicável considerando a grande vulnerabilidade a predadores terrestres neste substrato.

De acordo com Bekoff & Byers (1992), os riscos de predação e injúrias físicas certamente estarão presentes durante as brincadeiras, uma vez que os animais participantes têm sua "autovigilância" comprometida por estarem inteiramente concentrados nesta atividade. Entretanto, a minimização dos riscos de injúrias físicas parece não acontecer pela seleção de parceiros de idades semelhantes. Os MLD brincaram mais tempo com parceiros de idades diferentes do que somente entre os gêmeos. Para o MLD, este tipo de escolha relacionada aos participantes da brincadeira, pode trazer benefícios como forma de aprendizado dos filhotes com os animais mais experientes pela idade, autoavaliação de condição física e habilidades competitivas (ver Lee, 1983; Tartabini, 1991; Thompson, 1996) e/ou ainda como forma de vigilância pelos animais mais velhos, promovendo maior segurança aos filhotes durante as brincadeiras. Micos selvagens e reintroduzidos não apresentaram diferenças em relação à organização do comportamento de brincadeira, o que sugere a ausência ou desaparecimento de efeitos de cativeiro nos micos reintroduzidos.



## AGRADECIMENTOS

A todos que auxiliaram no trabalho de campo. Este trabalho foi financiado pelas instituições: CNPq (bolsa de mestrado para Cláudia Rodrigues de Oliveira), Margot Marsh Foundation e PRONABIO/PROBIO/MMA. O programa de Reintrodução da AMLD é financiado pela Frankfurt Zoological Society. A AMLD recebe apoio financeiro do National Zoological Park, Smithsonian Institution e WWF do Brasil. Agradecemos à AMLD e ao IBAMA pelo apoio logístico, e a Devra G. Kleiman, James Dietz e Andy Baker pelas sugestões e pelo fornecimento de bibliografia. Ao revisor anônimo, pelas críticas e sugestões para o artigo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATESON, P. 1981. Discontinuities in development and changes in the organization of play in cats. *In*: Imelmann, K., Barlow, G.W., Ptrinovich L. & Main, M., eds. Behavioral Development). Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 281-295.
- BEKOFF, M. 1984. Social play behavior. *Bioscience* 34: 228-233.
- BEKOFF, M. & BYERS, J.A. 1992. Time, energy and play. *Anim. Behav.* 44: 981-982.
- BEKOFF, M & BYERS 1993. Primate juveniles and primate play. *In*: Pereira, ME & Fairbanks, LA, eds. Juvenile Primates. Oxford Univ. Press, New York, p. 182-196.
- BEKOFF, M & BYERS 1998. Animal Play (BEKOFF, M. & BYERS, J.A., eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- BERGER, J. 1980. The ecology, structure and functions of social play in bighorn sheep (*Ovis canadensis*). *J. Zool. Lond.* 192: 531-542.
- BIBEN, M.; SYMMES, D. & BERNHARDS, D. 1989. Vigilance during play in squirrel monkeys. *Amer. J. Primatol.*, 17: 41-49.
- CAINE, N.G. & MARRA, S.L. 1988. Vigilance and social organization in two species of primates. *Anim. Behav.*, 36: 897-904.
- CARO, T.M. 1995. Short-term costs and correlates of play in cheetahs. *Anim. Behav.*, 49: 333-345.
- DREA, M.C.; HAWK, J.E.; GLICKMAN, S.E. 1996. Agression decreases as play emerges in infant spotted hyaenas: preparation for joining the clan. *Anim. Behav.* 51: 1323-1336.
- FAGEN, R. 1981. Animal Play Behavior. Oxford Univ. Press, New York.
- GOULD, L.; FEDIGAN, L.M. & ROSE, L.M. 1997. Why be vigilant? The case of the alpha animal. *Intern. J. Primatol.* 18: 401-414.
- HARCOURT, R. 1991. Survivorship costs of play in the south american fur seal. *Anim. Behav.* 42: 509-511.
- KLEIMAN, D.G.; HOAGE, R.J. & GREEN, K.M. 1988. The Lion Tamarins, Genus *Leontopithecus*. *In*: Mittermeier, A., Rylands, A.B., Coimbra-Filho, A. & Fonseca, A.B. Ecology and Behavior of Neotropical Primates. World Wildlife Fund, Washington, D.C., p. 299-347.

*A brincadeira do mico-leão-dourado*

- LEE, P.C. 1983. Play as a mean for developing relationships. In: Robert A. Hinde, ed. Primate Social Relationships. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 82-89.
- MASATAKA, N., KOHDA, M. 1988. Primate vocalizations and their functional significance. *Folia Primatol.* 50: 152-156
- OWENS, N.W. 1975. Social play behaviour in free-living baboons, *Papio anubis*. *Anim. Behav.* 23: 387-408.
- SMITH, P.K. 1982. Does play matter? Functional and evolutionary aspects of animal and human play. *The Behavioral and Brain Sciences* 5: 139-184.
- TARTABINI, A. 1991. Social play behaviour in young rhesus monkeys, *Macaca mullata*, at three different ages: from the 3<sup>rd</sup> to the 6<sup>th</sup> month of life. *Behavioural Processes* 24: 185-192.
- THOMPSON, K.V. 1996. Play partner preferences and the function of social play in infant sable antelope, *Hippotragus niger*. *Anim. Behav.* 52: 1143-1155.
- WILSON, S.C. & KLEIMAN, D.G. 1974. Eliciting play: a comparative study. *Amer. Zool.* 14: 341-370.
- ZAR, J. H. 1996: *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.

**ECOLOGIA ALIMENTAR DE UM GRUPO DE MICO-LEÃO-DA-CARA-  
PRETA, *LEONTOPITHECUS CAISSARA* (PRIMATES:  
CALLITRICHIDAE), NO PARQUE NACIONAL DE SUPERAGUI,  
GUARAQUEÇABA – PR, BRASIL.**

FABIANA PRADO & CLAUDIO VALLADARES-PADUA

IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas. Caixa Postal 47, Nazaré Paulista, SP.  
CEP: 12.960-000. Email: [pradof@ipe.org.br](mailto:pradof@ipe.org.br)

**RESUMO**

Três das quatro espécies de micos-leões, *Leontopithecus rosalia*, *L. chrysomelas*, e *L. chrysopygus* são consideradas como frugívoras-insetívoras, com sua dieta constituindo-se principalmente de frutos, pequenas presas animais e exsudatos de árvores. Entretanto, pouco é conhecido sobre a dieta e ecologia alimentar de *Leontopithecus caissara*. O objetivo deste estudo foi descrever a ecologia alimentar de um grupo de *L. caissara* na Ilha de Superagui, Parque Nacional de Superagui, PR, Brasil. A coleta de dados foi realizada durante cinco dias por mês, durante os meses de Abril a Novembro do ano de 1996. A metodologia utilizada foi o “Animal Focal” como regra de amostragem e a “Pontual Instantânea” como regra de anotação, tendo sido observados os comportamentos de forrageio e alimentação, o tipo de substrato e a altura onde o animal se encontrava durante a amostragem. *L. caissara* utilizou vários tipos de recursos em sua dieta, variando de acordo com a sazonalidade e a distribuição dos mesmos. Nossa pesquisa comprova que a espécie estudada alimenta-se de frutos, pequenas presas (anfíbios e insetos), exsudatos, flores/néctar e fungos, variando a quantidade de cada item ao longo dos meses. Entre as espécies vegetais mais utilizadas, destacam-se: *Syagrus ramanzoffiana*, que apresenta um padrão de frutificação prolongado, e várias espécies de família *Myrtaceae*. O uso de fungos pode ser uma forma alternativa de complemento alimentar em períodos de baixa disponibilidade de recursos. O conhecimento de como os animais utilizam os diferentes estratos vegetacionais, bem como os recursos alimentares, é importante para a boa compreensão do processo adaptativo da espécie. *L. caissara* utilizou todos os tipos de substrato florestal, variando-os de acordo com os tipos de recurso utilizado.

**Palavras-chave:** mico-leão-da-cara-preta, *Leontopithecus caissara*, dieta, ecologia alimentar, estratificação.

## ABSTRACT

**Feeding ecology of a group of black-headed lion tamarin, *Leontopithecus caissara* (Primates: Callitrichidae), in the Superagui National Park, southern Brazil.**

Three of the four species of lions tamarins, *Leontopithecus rosalia*, *L. chrysomelas*, and *L. chrysopygus* are considered fruit-eaters and insect-eaters, with their diet consisting principally of fruit, small captured animals and exsudates of trees. However, little is known about the diet and feeding ecology of the *Leontopithecus caissara*. The objective of this study was to describe the feeding ecology of one group of *L. caissara* in the National Park of Superagui at Superagui Island, PR, Brazil. Data was recorded five days per month from April to November of the year 1996. The sampling rule used was the "Focal Animal" with "Instantaneous Sampling," as recording rule. The recorded behaviors were foraging and feeding. The substrate and the height at which the animals were found were also recorded. *L. caissara* used many types of resources in its diet, varying according to the seasonality and the distribution. Our research indicates that the studied species feeds on fruits, small insects (as well as amphibians), exsudate, flowers/nectar, and fungi, varying monthly in quantity of each item. Among the most frequently used species of vegetation, the following species stand out: *Syagrus ramanzoffiana*, which presents a pattern of prolonged fruition, and various species of the Myrtaceae family. The use of fungi can be an alternative form of nutritious complements in periods of low availability of resources. The knowledge of how the animals use the different layers of vegetation, as well as food sources, is important for the understanding of the adaptive process of the species. *L. caissara* used all the types of forest substrate, varying them according to the types of resources used.

**Key words:** Black-faced Lion tamarin, *Leontopithecus caissara*, diet, feeding ecology, stratification.

## INTRODUÇÃO

A família Callitrichidae é composta por seis gêneros (*Cebuella*, *Mico*, *Callithrix*, *Saguinus*, *Leontopithecus* e *Callimico*), perfazendo um total de 41 espécies e 60 subespécies, correspondendo a família mais expressiva na diversidade de primatas neotropicais (Rylands *et al.* 2000). Quanto à dieta, os *Callitrichidae* podem ser classificados em duas categorias principais: frugívoros-insetívoros e gomívoros-insetívoros ou exsudativos-insetívoros (Soini, 1998; Stevenson & Rylands, 1998; Sussman & Kinzey, 1984).

Trabalhos de campo com as espécies do gênero *Leontopithecus*: *L. rosalia* (mico-leão-dourado), *L. chrysomelas* (mico-leão-da-cara-dourada) e *L. chrysopygus* (mico-leão-preto), indicam que os micos-leões alimentam-se principalmente de frutos, pequenas presas animais e exsudatos de árvores (Keouroglian, 1990; Kleiman

et al., 1988; Passos, 1996; Peres, 1986; Rylands 1989; Valladares-Padua, 1993). Diferenças interespecíficas, entretanto, tem sido observadas, *L. chrysopygus*, por exemplo, apresenta o maior consumo de exsudatos (Rylands, 1993), especialmente durante a estação seca, na estação chuvosa sua dieta é incrementada com um alto consumo de insetos e frutos (Passos, 1992). Por outro lado, *L. rosalia* e *L. chrysomelas*, consomem néctar como um item significativo de suas dietas (Dietz et al., 1997; Rylands, 1993).

O mico-leão-da-cara-preta (*Leontopithecus caissara*) só foi descrito recentemente, tendo sido identificado no litoral norte do estado do Paraná, na Ilha de Superagui, Parque Nacional de Superagui (Lorini & Persson, 1990). *L. caissara* apresenta a menor distribuição geográfica das quatro espécies de *Leontopithecus*, totalizando aproximadamente 300 km<sup>2</sup> entre o sudeste de São Paulo e nordeste do Paraná. Em 1994, Lorini & Persson estimaram uma pequena densidade populacional, 260 indivíduos em três subpopulações, indicando que a espécie está criticamente ameaçada de extinção. Apesar de esforços concentrados, o conhecimento acerca de história natural de *L. caissara* é ainda escasso e se faz emergencial e prioritário para o desenvolvimento e atuação em estratégias conservacionistas para a espécie.

Dados preliminares indicam que a dieta básica de *L. caissara* é semelhante à dos outros micos-leões, sendo composta de frutos, insetos e pequenos vertebrados (Valladares-Padua & Prado, 1996). Entretanto, muitos detalhes sobre a ecologia alimentar desta espécie permanecem desconhecidos. Assim, este estudo tem por objetivo descrever a ecologia alimentar e a utilização dos estratos dos florestais de um grupo de micos-leões-da-cara-preta em ambiente natural. Os conhecimentos da dieta alimentar relacionada ao uso do extrato vegetacional trata-se de um informação básica para melhor compreensão da história natural de *L. caissara*.

## METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na Ilha de Superagui, Parque Nacional de Superagui, Paraná, Brasil. O grupo de animais estudados era composto por oito indivíduos. As coletas foram realizadas em cinco dias de cada mês, durante os meses de Abril a Novembro de 1996, totalizando 540 horas amostradas.

Trabalhamos com o orçamento temporal dos comportamentos de alimentação e forrageio (frutos, presas, exsudatos, flores/néctar e fungos) em relação a cada uma das variáveis a seguir: a) espécies vegetais (árvores, arbustos e cipós), b) substratos (bromélias, troncos, galhos, folhas e ramos) e c) altura do estrato (categorizada em cada quatro grupos com intervalos de 5 metros – altura do solo até a posição do animal na árvore). A metodologia de amostragem utilizada foi o “Animal Focal” e a de anotação foi o “Pontual Instantâneo”.

Todas as espécies vegetais consumidas pelo grupo estudado de micos-leões-da-cara-preta foram amostradas durante a coleta de dados no campo. Posteri-

ormente as amostras foram identificadas por especialistas da Universidade de São Paulo e da Universidade Federal do Paraná. A metodologia de coletas destas plantas constitui em adquirir partes da planta que apresentassem caule, folhas, flores e frutos, sempre que possível. Este procedimento não teve o intuito de proceder a um estudo fenológico, mas simplesmente de identificar as principais espécies vegetais utilizadas como recurso alimentar de *L. caissara*. Todo material coletado foi prensado e secado através do uso dos métodos botânicos tradicionais.

Os fungos utilizados na dieta alimentar de *L. caissara* foram coletados, armazenados em álcool 70% e levados para um especialista do Departamento de Micologia do Instituto de Botânica de São Paulo.

A tabulação e confecção das tabelas correlacionando os parâmetros da dieta e sua composição em relação ao orçamento temporal foi realizada com o auxílio dos softwares Excel e Statistica (Statsoft, 1995).

## RESULTADOS

O mico-leão-da-cara-preta alimenta-se de frutos, presas (insetos e pequenos vertebrados), exsudatos (resinas e gomas) e fungos. O consumo destes diferentes recursos esteve relacionado a sua distribuição especial e disponibilidade sazonal.

O grupo de *L. caissara* estudado, utilizou na sua alimentação 30 espécies de vegetais, entre árvores, arbustos, lianas e epífitas, distribuídas em 17 famílias. Apenas uma espécie vegetal foi utilizada no consumo de goma, quatro espécies para a obtenção de flores e néctares. Os frutos corresponderam à maior parte, 74,8%, dos recursos vegetais consumidos (Tabela 1).

As oito espécies vegetais mais utilizadas foram responsáveis por 91% da dieta de mico-leão-da-cara-preta. Apenas as espécies *Tapirira guianensis*, *Calophyllum brasiliensis* e *Syagrus ramanzoffiana*, foram responsáveis por mais de 10% dos registros da alimentação (Tabela 1).

### Consumo de frutos

O consumo de frutos, geralmente carnosos, representou um total de aproximadamente 75% da dieta alimentar de *L. caissara*, tendo se observado seu consumo durante todo o período no qual se deu este trabalho. Não foi possível quantificar separadamente o consumo de frutos verdes e maduros, devido a freqüente dificuldade em distingui-los durante a coleta de dados. Observamos, durante o trabalho, que os micos-leões ingerem a polpa e despreza a casca dos frutos e, que a semente ingerida com a polpa é normalmente expelida intacta nas fezes. As espécies vegetais das quais os frutos foram utilizados como recursos alimentares por *L. caissara* estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Espécies vegetais utilizadas como alimento por *L. caissara*. " = Frutos, \* = Exsudatos, \*\* = Flores/Néctar, N = número amostrado e % = percentagem.

Família	Nome Científico	Nome Vulgar	%	N
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Cupiúva	19,9**	222
Araceae	<i>Philodendron imbe</i> Schott	Imbé	0,1"	1
	<i>Monstera pertusa</i> (L.) De Vriese	Sete Facadas	0,5"	6
Palmae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.)	Coqueiro	12,6"	140
Bignoniaceae	<i>Tabebuia cassinoides</i> DC.	Caxeta	0,4"	5
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliensis</i> Camb.	Guanandi	15,8"	176
	<i>Clusia criova</i> Camb.	Mangueirana	"	
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	Canela Gemirim	0,2"	2
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp.	Pixirica	**	
Leguminosae	<i>Inga</i> sp.	Ingá	0,1"	1
Cecropiaceae	<i>Coussapoa microcarpa</i> (Schott)	Figueira	2,2"	24
	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	Imbaúba	0,1"	1
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araça	6"	67
	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	Guamirim	7"	78
	<i>Gomidesia</i> sp.	Cambui	0,4"	4
	<i>Martiereia tomentosa</i> Camb.	Guapurunga	7,2"	80
	<i>Myrcia acuminatissima</i>	Sp n° 15	9,5***	106
	<i>Myrcia rufula</i> Miq.	Sp n° 24	0,6"	7
	<i>Eugenia glomerata</i> Sring.	Guape do Mato	"	
	<i>Eugenia</i> sp.	Sp n° 33	"	
Rubiaceae	<i>Eugenia</i> aff. <i>ellipsoidea</i> Kiaersk	Guamirzinho	"	
Sapindaceae	<i>Posoqueria laiifolia</i> (Rudge) R. & S.	Pau-de Macaco	0,3"	3
	<i>Matayba guianensis</i> Aublet.	Cuvatã	**	
Sapotaceae	<i>Manilkara subsericea</i> (Mart.) Dubard.	Massaranduva	0,4"	4
Verbenaceae	<i>Vitex polygama</i>	Talhomar	0,1"	1
	<i>Calyptantes</i> sp.	Calitrantes	0,1"	1
Marcgraviaceae	<i>Marcgravia polyantha</i> Delpino	Cipó	0,6"	7
Bromeliaceae	<i>Aechmea</i> aff. <i>Nuducalis</i> (L.) Griseb	Bromélia	**	
Myrsinaceae	<i>Rapanea lancifolia</i> (Mart.) Mez.	Capororóca	"	
		Muxita	0,1"	1
		Desconhecida	15,6	174

### Consumo de presas

O consumo de presas representou aproximadamente 10% do total dos recursos alimentares da dieta do mico-leão-da-cara-preta (Tabela 2). As presas capturadas foram insetos (gafanhotos, baratas, bichos-pau, esperanças, besouros) e pequenos anfíbios como pererecas.

O mico-leão-da-cara-preta forrageia por presas em bromélias e epífitas, buracos nos troncos e galhos das árvores, nas bainhas das folhas e dos coqueiros e nos cachos das inflorescências e furtos. Na maioria dos casos não foi possível identificar a presa devido à sua localização em microhabitats "cegos" (Peres, 1992) e à velocidade com a qual o mico-leão a consome.

A observações de campo, durante os meses de Abril a Novembro de 1996, permitiram constatar que no mês de Maio iniciou-se o declínio do forrageio por presas nas folhas, atingindo sua frequência mínima em Julho. Neste mesmo período houve um aumento inversamente proporcional do forrageio por presas nos galhos. O forrageio nas folhas voltou a crescer nos meses de Agosto, Setembro e Outubro, enquanto que nos galhos houve um declínio do forrageio no mês de Outubro.

### Consumo de fungos

Os animais utilizaram fungos com um importante componente de sua dieta, representando 12,6% do total dos recursos alimentares utilizados. Os fungos, de coloração branca opaca, aparentemente rico em carboidratos, tratam-se de um ascomiceto da família *Craviciptacea* da espécie *Micomalus bambusinus* Moller 1901. Os espécimes chegam a medir seis centímetros, sendo encontrado entre os nós de bambus do gênero *Chusquea*. Para consumi-los, os animais desciam até perto ao chão, pois este recurso era encontrado principalmente nos estratos até 10 metros. O forrageio por fungos era feito pelos animais isoladamente, dissociados do restante do grupo, e quando os encontravam os animais corriam para comê-los em local reservado. O que sugere que os animais, efetivamente, evitavam dividir este recurso alimentar com o restante do grupo.

### Consumo de exsudatos, flores e néctar

O consumo destes itens alimentares representou, juntamente, um total de 35% da dieta de *L. caissara*. O consumo de exsudatos se dava de forma oportuna da espécie *Tapirira guianensis* (*Anacardiaceae*). Os animais não perfuravam as árvores para obter goma, mas a comiam oportunisticamente quando encontravam a resina exposta, na maioria das vezes, nos troncos. A ingestão de néctar por *L. caissara* ocorreu nas espécies arbóreas: *Myrcia acuminatissima*, *Miconia* sp., *Matayba guianensis*, *Ilex ehezans* e *Myrcia multiflora*, além da bromélia *Aechmea* aff. *nuducalis*. A ingestão de flores esteve restrita às espécies de bromélia *Aechmea* aff. *nuducalis* e de cipó *Marcgravia polyantha*.

### Utilização dos substratos arbóreos

*L. caissara* obteve recursos alimentares em quatro tipos de substratos: galhos, troncos, ramos e folhas. As presas foram capturadas especialmente nos galhos (70%), os frutos obtidos freqüentemente nos ramos (47%) e galhos (40%), os fungos tiveram maior percentagem nos galhos (75%), os exsudatos foram consumidos principalmente nos troncos (95%) e as flores e néctar tiveram seu maior consumo nos galhos (73%) (Tabela 2).

O mico-leão-da-cara-preta usou o estrato da floresta que variou do solo a 20 metros de altura. A maior parte dos registros de alimentação ocorreu no estrato entre seis e dez metros (Tabela 3).



Tabela 2: Frequência de aquisição/captura dos recursos alimentares por *L. caissara* nos diferentes substratos.

Recursos	Substrato				N	%
	Galho (%)	Tronco (%)	Ramo (%)	Folha (%)		
Presas	N (69,9)	N (7,2)	N (2,6)	N (20,3)	153	10,3
Frutos	N (40,4)	N (0,5)	N (46,6)	N (12,5)	1116	74,8
Fungos	N (75,0)	N (16,5)	N (8,5)		188	12,6
Exsudatos	N (5,0)	N (95,0)			20	1,3
Flores/Néctar	N (73,3)	N (26,7)			15	1
N (%)	263,6	145,9	57,7	32,8	1492	100

Tabela 3. Frequência da aquisição/captura dos recursos alimentares por *L. caissara* em quatro classes de altura do substrato arbóreo.

Recursos	Altura dos Estratos				N	%
	0-5m (%)	6-10m (%)	11-15m (%)	15-20m (%)		
Presas	10,4	65,6	22,1	1,9	154	10,3
Frutos	12,2	58,7	28,3	0,8	1117	74,5
Fungos	29	63,2	7,8		193	12,9
Exsudatos	45	55			20	1,3
Flores/Néctar	66,7		33,3		15	1,0
N (%)	163,3	242,5	91,5	2,7	1499	100

## DISCUSSÃO

Neste estudo, observou-se que a dieta do mico-leão-da-cara-preta foi semelhante a dieta das outras espécies de *Leontopithecus*, consistindo de frutos, insetos, exsudatos, fungos, flores e néctar. Os frutos e insetos foram consumidos durante todos os meses nos quais ocorreram a coleta de dados no campo, o que permite considerar que *L. caissara* é uma espécie basicamente frugívora-insetívora, como acontece com muitos dos callitriquídeos. Comparando-se a dieta de *L. caissara* com as outras espécies de *Leontopithecus*, observa-se que os componentes principais são muito semelhantes, diferindo, entretanto nas quantidades e espécies consumidas (Dietz *et al.* 1997; Passos, 1997; Peres, 1996; Rylands, 1993; Valladares-Padua, 1993).

O mico-leão-da-cara-preta utilizou 30 espécies de plantas, quase 20 a menos que as utilizadas pelo mico-leão-dourado (49 espécies) e pelo mico-leão-preto (47 espécies) (Valladares-Padua, 1993). Isso pode ser explicado pelo tipo de formação florestal no qual o presente estudo foi realizado. Houve sobreposição de quatro gêneros de plantas (*Cecropia*, *Eugenia*, *Inga* e *Psidium*) utilizadas na dieta de *L. caissara* e também pelas demais espécies do gênero *Leontopithecus*. *Psidium*

foi consumida durante 6% dos registros e as três demais espécies vegetais representaram menos de 1% da dieta de *L. caissara* (Tabela 1).

Entre as espécies de plantas mais utilizadas, é importante ressaltar a palmeira *Syagrus romanzoffiana* que apresenta um padrão de frutificação prolongado, com poucos frutos amadurecendo por dia, permitindo aos animais visitar um grande número de indivíduos desta espécie na obtenção de alimento (Passos, 1997). A família *Myrtaceae*, por simples visualização e familiarização com a área do grupo estudado em Superagui, tem grande importância por ser a mais abundante no local e englobar o maior número de espécies consumidas.

O grupo de micos-leões-da-cara-preta estudado apresentou particularidades que o difere das três outras espécies de micos-leões. Uma destas particularidades é a baixa frequência do uso da família Leguminosae em sua dieta. De acordo com Rylands (1993), as leguminosas estão bem representadas nas dietas de *L. chrysopygus* e *L. rosalia*. Outra particularidade é o consumo significativo de fungos como importante item alimentar de *L. caissara*. O uso deste recurso alimentar, característico do local de ocorrência da espécie, decorre provavelmente do processo de adaptação de *L. caissara* a Mata Atlântica de baixada, sendo também um importante alternativa de complemento alimentar em períodos de baixa disponibilidade de recursos.

O baixo consumo de exsudatos por *L. caissara* é semelhante ao observado em *L. chrysomelas*, *L. rosalia*. Entretanto difere do encontrado por Passos (1997) para *L. chrysopygus*, em cuja dieta, exsudatos são os componentes mais importantes na estação seca.

O mico-leão-da-cara-preta, como os demais micos-leões, encontrou maior parte de suas presas nos galhos, e também é neste substrato que está a maior abundância de bromélias e epífitas, abundantes em toda área de uso do grupo estudado. Apesar de não ter sido possível quantificar bromélias epífitas como substrato, elas foram o mais importante sítio de forrageio de insetos. Bromélias são também microhabitats importantes de forrageio de presa para *L. rosalia* e *L. chrysomelas* (Peres, 1986; Rylands, 1993).

*L. caissara* utilizou todos os tipos de substrato (galhos, ramos, folhas e tronco). O estrato entre seis e dez metros foi o mais intensamente explorado. Isso pode ser explicado pela floresta ombrófila densa na qual se encontra a área de uso do grupo estudado. Passos (1997) descreveu uma estratificação variando de 1 a 20 metros para *L. chrysopygus*. Valladares-Padua (1993) descreveu uma altura média de 7 a 8 metros, utilizada por grupos da mesma. Estes dados assemelham-se ao encontrado para o uso vertical do estrato arbóreo para o grupo de *L. caissara* estudado.

O conhecimento dos componentes da dieta alimentar de *L. caissara*, apresentados neste trabalho, são de grande importância para o início da compreensão da história natural desta espécie. Havendo ainda muito a se aprender da ecologia,

etologia e dinâmica populacional de *L. caissara* para podermos elaborar um plano de manejo com estratégias efetivamente conservacionistas para a espécie.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IBAMA que forneceu apoio logístico, em especial a Guadalupe Vivekanga, chefe do Parque Nacional de Superagui, que acreditou e apoiou a pesquisa em todos os momentos, fossem eles bons ou ruins. Nossos agradecimentos especiais a todas as instituições que apoiaram esta pesquisa: o IPÊ – Instituto de pesquisas Ecológicas, a Fundação o Boticário de Proteção à natureza, o Lion Tamarin Fund of Brazil, ao Lincoln Park Zoo – Scott Neotropical Fund, ao programa Natureza e Sociedade do WWF, à Wildlife Trust, Durrel Wildlife Conservation Trust e a CAPES. Agradecimento especial ao WildInvest e a Diana Van de Kamp pela ajuda e apoio continuados ao projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIETZ, J. M., PERES, C. A. & PINDER, L. 1997. Foraging ecology and use of space in wild golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*). Amer. J. Primatol. 41: 289-305.
- JASTER, C. B. 1995. Análise estrutural de algumas comunidades florestais no litoral do estado do Paraná. M. Sc. Universidade George August de Gottingen/Alemanha.
- KEUROGHLIAN, A. 1990. Observations on the behavioral ecology of the black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*) at caetetus reserve, São Paulo, Brasil. Tese de Mestrado, West Virginia University, West Virginia.
- KLEIMAN, D., HOAGE, R. T. & GREEN, K. M. 1988. The lion tamarin, genus *Leontopithecus*: In Ecology and Behavior of Neotropical Primates. Eds. Mittermeier, R. A., A. B. Rylands, A. F. Coimbra-Filho & G. A. B. Fonseca. World Wildlife Fund., Washington, DC.
- LORINI, M. L. & PERSSON, V. G. 1994. Status, and Field Research on *Leontopithecus caissara*: The Black-faced Lion Tamarin Project. Neotropical Primates 2 (suppl.), pp. 52-55.
- PASSOS, F. C. 1992. Hábito alimentar do mico-leão-preto *Leontopithecus chrysopygus* (Mikan, 1883) (Callitrichidae, Primates) na Estação Ecológica de Caetetus, município de Gália, SP. Tese de Mestrado, Universidade de Campinas, Campinas.
- PASSOS, F. C. 1996. Ecologia do mico-leão-preto, *Leontopithecus chrysopygus* (Mamalia, Callitrichidae) na Estação Ecológica dos Caetetus, SP. Anais do Seminário Regional de Ecologia VIII: 147-158.
- PASSOS, F. C. 1997. Padrão de atividade, dieta e uso do espaço em um grupo demico-leão-da-cara-preta (*Leontopithecus chrysopygus*) na Estação Ecológica de caetetus, SP. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP.
- PERES, C. A. 1986. Costs and benefits of territorial defense in golden lion tamarins, *Leontopithecus rosalia*. Master's thesis, University of Florida.
- PERES, C. A. 1992. Prey-capture benefits in a mixed-species group of amazonian primates, *Saguinus fuscicollis* and *S. mystax*. Behavi. Ecol. Sociobiol., 31: 339-347.

- RYLANDS, A. B. 1989. Sympatric Brazilian callitrichids: the black tufted-ear marmoset, *Callithrix khuli*, and the golden-headed tamarin, *Leontopithecus chrysomelas*. *J. Hum. Evol.* 18: 679-695.
- RYLANDS, A. B. 1993. The ecology of the lion tamarin, *Leontopithecus*: some intrageneric differences and comparison with other Callitrichids. In: *Marmosets and tamarins: systematic, behaviour and ecology*. Ed. A. B. Rylands. Oxford University Press, Oxford. Pp. 296-313.
- RYLANDS, A. B., SCHNEIDER, H., LANGGUTH, A., MITTERMEIER, R. A., GROVES, C. P. & RODRIGUES-LUNA E. 2000. An assessment of the diversity of new world primates. *Neotropical Primates* 8 (2), pp. 61-93.
- STEVENSON, M. F. & RYLANDS, A. B. 1988. The marmosets: genus *Callithrix*. In: *Ecology and Behaviour of Neotropical Primates*. Eds. Mittermeier, R. A., Rylands A. B., Coimbra-Filho, A. F. & Fonseca G. A. B. World Wildlife Fund., Washington, DC.
- SUSSMAM, R. W. & KINZEY, W. G. 1984. The ecological role of the Callitrichidae: a review. *American Journal of Physical and Anthropology* 64: 419-449.
- VALLADARES-PADUA, C. 1993. The ecology, behaviour and conservation of the black lion tamarins *Leontopithecus chrysopygus*, Mikan, 1823. Ph. D. diss., University of Florida.
- VALLADARES-PADUA, C. B. & PRADO, F. 1996. Notes on the natural history of the black faced lion tamarin (*Leontopithecus caissara*). *Dodo, J. Wild.* 32: 123-125.

**CALLITHRIX PENICILLATA NA DIETA DE SPIZAETUS ORNATUS  
(AVES: ACCIPITRIDAE) EM ÁREA DE CERRADO NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS**

MÁRCIA V. GRECO<sup>1</sup>; MARCO A. ANDRADE<sup>1</sup>; GUSTAVO D. M.  
CARVALHO<sup>2</sup>; EDUARDO P. M. CARVALHO-FILHO<sup>2</sup> &  
CARLOS E. CARVALHO<sup>2</sup>

1- Manejo Instituto de Pesquisa Ambiental, Av. Raja Cabaglia 3117 sala 403,  
30350-540, Belo Horizonte, MG, manejo.instituto@terra.com.br;

2- SOS Falconiformes, falconiformes@vsnet.com.br

**RESUMO**

Informações sobre a biologia reprodutiva e dieta de Falconiformes Neotropicais e predação de primatas por aves de rapina são escassas. Na região Sudeste do Brasil o gavião-de-penacho (*Spizaetus ornatus*) é relativamente raro e encontra-se na lista oficial de espécies em perigo de extinção (Machado *et al.*, 1998). No período de dezembro de 1996 a agosto de 1998, estudamos a biologia reprodutiva de *S. ornatus* em um fragmento de mata ciliar no cerrado, Estado de Minas Gerais (19°33'S, 44°04'W). Apresentamos dados sobre a predação de *Callithrix penicillata* por *S. ornatus*. Encontramos restos de ossos, pêlos, carcaças e um exemplar completo de *C. penicillata*. Macho e fêmea levavam a caça ao ninho a fim de alimentarem um único filhote. As presas caçadas pelo casal constituíram de 72,7% de aves (n=8 espécies) e 27,3% de mamíferos (n=3 espécies). Dentre os mamíferos predados, além de *C. penicillata*, *Sylvilagus brasiliensis* (Leporidae) e *Philander frenata* (Didelphidae) também foram registrados. Dentre essas espécies *C. penicillata* correspondeu a 57% dos indivíduos (n=7) capturados, sugerindo uma importância na dieta de *S. ornatus*.

**Palavras chave:** *Callithrix penicillata*, *Spizaetus ornatus*, dieta, predação, cerrado, Minas Gerais.

**ABSTRACT**

*Callithrix penicillata* in the diet of *Spizaetus ornatus* (Aves: Accipitridae) in cerrado vegetation, Minas Gerais State. Information on the breeding biology and diet of Neotropical Falconiformes and predation of Primates by birds of prey are scarce. In the Southeast area of Brazil, Ornate Hawk-Eagle (*Spizaetus ornatus*)

is relatively rare and is in the official list of species in danger of extinction (Machado *et al.*, 1998). In the period from December of 1996 to August of 1998, we studied the reproductive biology of *S. ornatus* in an area of cerrado habitat in the state of Minas Gerais, southeast of Brazil (19°33'S, 44°04'W). We found bone and hair remains, carcasses, and one complete specimen of *C. penicillata*. Both male and female brought prey to the nest. The preys hunted by the pair were 72,7% birds (n=8 species) and 27,3% mammals (n=3 species). The mammals hunted by *S. ornatus* were *C. penicillata*, *Sylvilagus brasiliensis* (Leporidae) and *Philander opossum* (Didelphidae). Among these species, *C. penicillata* represented 57% of captured individuals (n=7). This fact suggests that this marmoset is an important item in the diet of the Ornate Hawk-Eagle.

**Key words:** *Callithrix penicillata*, *Spizaetus ornatus*, diet, predation, cerrado, Minas Gerais.

## INTRODUÇÃO

O mico-estrela, *Callithrix penicillata* (Humboldt, 1812) ocorre em cerrados, florestas semi-decíduas, floresta pluvial atlântica e caatinga, abrangendo os Estados de Goiás, Tocantins, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, São Paulo, Rio de Janeiro e Distrito Federal (Vivo, 1991; Auricchio, 1995; Eisenberg & Redford, 1999). A distribuição geográfica do gavião-de-penacho, *Spizaetus ornatus* (Daudin, 1801) abrange todas as regiões do Brasil (Sick, 1997), ocorrendo na floresta Amazônica, Mata Atlântica e mata ciliar no Cerrado. *S. ornatus* mede aproximadamente 67 cm; o macho pesa cerca de 985 g e a fêmea cerca de 1465 g (Brown & Amadon, 1968).

Aspectos sobre a biologia reprodutiva e dieta de Falconiformes neotropicais, particularmente Acipitrídeos de grande porte, são pouco conhecidos (Bierregaard, 1995; Brown & Amadon, 1968; Weick, 1980; Thiollay, 1985a; La Peña, 1992; Belton, 1994; Sick, 1997). Envolvendo a predação de primatas, Sick (1997) e del Hoyo *et al.* (1994) mencionam a captura de *Cebus* sp., *Alouatta seniculus*, *Pithecia* sp. e *Chiropotes* sp. pelo gavião-real, *Harpia harpyja* na Amazônia.

É importante documentar eventos de predação, pois embora sejam raramente observados na natureza, predadores podem exercer importante impacto nas populações de presas (Alexander, 1974; Terborgh, 1983 *apud* Stafford & Ferreira, 1995).

O presente trabalho tem por objetivo relatar a observação de predação de *C. penicillata* por *S. ornatus* numa área de ocorrência destas duas espécies.

## MÉTODOS

Este estudo foi realizado em um fragmento de mata ciliar com cerca de 80 ha, no bioma do cerrado, na Reserva da Fazenda Jaguara, município de Matozinhos

(19°33' S e 44° 04' W), Estado de Minas Gerais, distante cerca de 65 km ao norte de Belo Horizonte. A altitude no local varia de 600 a 650 m. O fragmento estudado é cercado por pastagens e campo cerrado alterado.

Os dados dos eventos de predação de *C. penicillata* por *S. ornatus* foram coletados durante um trabalho direcionado à estudos sobre o comportamento reprodutivo de *S. ornatus*.

Durante três períodos reprodutivos a coleta de dados foi assim distribuída: dezembro de 1996 (3 campanhas, 25 h), outubro de 1997 (2 campanhas, 16 h) e agosto de 1998 (3 campanhas, 24 h). Foram coletados restos alimentares (ossos, pêlos, penas, carcassas) encontrados em um ninho de *S. ornatus* e no solo, ao redor da árvore. O ninho, localizado a cerca de 25 metros de altura, foi construído num angico-branco, *Albizia* sp. (Leguminosae). Em campo, o material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e frascos de vidro. Em laboratório, o material foi fotografado, identificado e etiquetado. Foram anotados dados referentes a peso, sexo, tamanho e idade das presas.

## RESULTADOS

Durante os três períodos reprodutivos estudados, as presas capturadas por *S. ornatus* e que foram analisadas, corresponderam a 72,7% de aves (n= 8 espécies) e 27,3% de mamíferos (n=3 espécies). Dentre as espécies predadas pelo casal de *S. ornatus* foram identificados os mamíferos: *C. penicillata* (Callitrichidae), *Sylvilagus brasiliensis* (Leporidae), *Philander frenata* (Didelphidae) e as aves: *Crypturellus parvirostris* (Tinamidae), *Anhinga anhinga* (Anhingidae), *Amazonetta brasiliensis* (Anatidae), *Penelope superciliaris* (Cracidae), *Rallus nigricans*, *Gallinula chloropus* (Rallidae), *Columba picazuro* e *Leptotila verreauxi* (Columbidae). Dentre os mamíferos coletados (n=7 indivíduos), *C. penicillata* (n= 5 indivíduos) correspondeu a 57% em comparação a 21,5% de *S. brasiliensis* (n=1 indivíduo) e 21,5% de *P. frenata* (n=1 indivíduo). Com relação ao número de indivíduos coletados de *C. penicillata*, 60% (n=3) corresponderam a exemplares adultos, 20% (n=1) um exemplar jovem e 20% (n=1) um indivíduo com idade indeterminada.

Em dezembro de 1996 foi observado um grupo de *C. penicillata* composto por cinco indivíduos deslocando-se na borda do fragmento de mata ciliar. Os exemplares de *C. penicillata* capturados pelo casal de *S. ornatus* na área de estudo foram levados até o ninho, onde o filhote era alimentado. Primeiramente, era retirada boa parte dos pêlos da cabeça e regiões dorsal e ventral do animal. Em seguida, eram retiradas as partes moles do crânio, músculos, vísceras e alguns ossos, afim de alimentar o único filhote. Constatamos que, por duas vezes, os adultos deixaram cair do ninho a cauda junto com os membros inferiores de *C. penicillata*. Um exemplar fêmea, adulta e completa de *C. penicillata* foi encontrada no ninho sem pêlos no dorso e outro somente

com a cauda, cintura pélvica e membros inferiores. Ossos e pelotas regurgitadas, contendo pêlos, foram encontradas no solo (Tabela 1). Durante os primeiros 40 dias de vida do único filhote, o casal participava da procura de itens alimentares no fragmento de mata ciliar e entorno. A fêmea levava mais caça ao ninho enquanto o macho permanecia a maior parte do tempo cuidando do filhote. Nessa fase o filhote alimentava-se passivamente, ou seja, o alimento era selecionado e entregue em pequenas porções por um dos pais. À medida que o filhote crescia, aumentava o intervalo entre o período de tratamento alimentar e a sua independência na coleta do alimento. O casal também comia pedaços da presa, inclusive ossos (Andrade *et al.* 1999).

Tabela 1. Descrição do material coletado e alguns dados biométricos dos exemplares de *C. penicillata* predados por *S. ornatus*.

Descrição	Exemplares				
	1	2	3	4	5
	Fêmur esquerdo	Cauda (pêlos e ossos)	Restos de membros inferiores e cauda	Cintura pélvica, membros inferiores e cauda	Exemplar completo recém capturado
<b>Sexo</b>	indet.	indet.	indet.	macho	fêmea
<b>Idade</b>	adulto	indet.	jovem	adulto	adulto
<b>Comp. total</b>	62,5 mm	301 mm	240 mm	365 mm	—
<b>Peso</b>	1 g	4,8 g	9 g	100 g	—

## DISCUSSÃO

Dados de predação de primatas por *S. ornatus* são raros (Brown & Amadon, 1968; Lyon & Kuhnigk, 1985; Thiollay, 1985b; Thiollay, 1985c; Klein *et al.*, 1988; Sick, 1997). Somente Scott Robinson por comunicação pessoal em Klein *et al.* (1988) relata a predação de dois micos-de-cheiro, *Saimiri sciureus* e um sauíim, *Saguinus fuscicollis* capturados por *S. ornatus* no Parque Manu, Peru. Lyon & Kuhnigk (1985), estudando casais de *S. ornatus* na Guatemala, citam que um grupo de *Ateles paniscus* passou a cerca de 25 m de um dos ninhos. A fêmea deixou o ninho e precipitou-se para um dos macacos duas vezes, mas não consumiu a predação. O macaco-aranha respondeu guinchando fortemente e sacudindo vigorosamente o galho, indo aos poucos recuando para a folhagem.



Klein et al. (1988) estudando a nidificação e o comportamento alimentar de um casal de *S. ornatus* na Amazônia, perto de Manaus, coletaram 45 itens predados e verificaram que 63,5 % (n=10) das presas caçadas pelo casal eram constituídas por espécies de aves e apenas 32,7 % (n=5) eram mamíferos. Proporções semelhantes constatamos em nosso estudo na Reserva da Jaguará (MG). Tendo em vista que 57% dos mamíferos predados eram constituídos por *C. penicillata*, podemos afirmar que este foi um item relativamente freqüente na dieta de *S. ornatus* naquela área de estudo.

Dois eventos de predação ocorridos na Reserva Biológica de Poço das Antas (RJ), foram observados por Stafford & Ferreira (1995) envolvendo primatas, que inclusive exibiram padrões semelhantes de comportamento em resposta aos ataques. O primeiro evento refere-se a um grupo de mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia* atacado por uma irara, *Eira barbara*. Outro evento envolveu uma coruja-buraqueira, *Athene cunicularia* que conseguiu predar um jovem de *Callithrix jacchus*.

Vale comentar sobre a predação de *P. frenata*, que possui hábitos noturnos, por *S. ornatus*, de hábitos diurnos. *P. frenata* pode construir seu ninho entre 8 e 10 m do chão da floresta, em cavidades ou forquilhas nas árvores (Emmons, 1997). Em conteúdos estomacais de *Spizaetus tyrannus* foram encontrados morcegos da espécie *Artibeus jamaicensis* que, segundo Sick (1997), devem ter sido capturados em seus pousos diurnos. *S. ornatus* pode também ter capturado *P. frenata* possivelmente num abrigo diurno ou ninho em alguma árvore.

Os dados não são suficientes para avaliar se a predação por *S. ornatus* está afetando a densidade populacional de *C. penicillata* na região estudada. Portanto, é necessário um estudo mais profundo e específico para resolver esta questão. O local de ocorrência dos eventos de predação, a identificação de outros predadores e o tamanho da população de *C. penicillata* são, por exemplo, aspectos importantes a serem estudados, a fim de investigar o impacto que *S. ornatus* pode estar causando na população de *C. penicillata* na área estudada.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Herculano Alyarenga e Paulo Auricchio pela valiosa colaboração na identificação do material coletado; ao Dr. Jorge Albuquerque por sugestões; ao Dr. Ademar Coimbra-Filho pelo incentivo e a dois revisores anônimos pela revisão do manuscrito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, R.D. 1974. The evolution of social behavior. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 5:325-383.  
 ANDRADE, M.A.; ANDRADE-GRECO, M.V.; CARVALHO, C.E.; CARVALHO, G.D.M. & CARVALHO-FILHO, E.P.M. 1999. Dados sobre comportamento alimentar do gavião-de-penacho, *Spizaetus ornatus* (Falconiformes: Accipitridae) durante sua reprodução em Minas Gerais. *Anais de Etologia*, 17: 12.

- AURICCHIO, P. 1995. Primatas do Brasil. Terra Brasilis, São Paulo, p. 63-70.
- BELTON, W. 1994. Aves do Rio Grande do Sul: distribuição e biologia. Ed. UNISINOS, São Leopoldo, p. 32-35.
- BIERREGAARD, Jr., R. O. 1995. The biology and conservation status of Central and South American Falconiformes: a survey of current knowledge. *Bird Conservation International*, 5:325-340.
- BROWN, L. & AMADON, D. 1968. Eagles, Hawks and Falcons of the World. v. II, Country Life Books, Inglaterra, p. 704-706.
- HOYO, J.; ELLIOTT, A. & SARGATAL, J. eds. 1994. Handbook of the Birds of the World. Vol. 2, Lynx Edicions, Barcelona, p. 205.
- EISENBERG, J.F. & REDFORD, K.H.. 1999. Mammals of the Neotropics, volume 3: The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. Chicago, 644 p.
- EMMONS, L.H. 1997. Neotropical Rainforest Mammals - A field guide. 2<sup>nd</sup> ed., The University of Chicago Press, Chicago, p. 17-18.
- KLEIN, B.C.; HARPER, L.H.; BIERREGAARD, R.O. & POWELL, G.V.N. 1988. The nesting and feeding behavior of the Ornate Hawk-Eagle near Manaus, Brazil. *The Condor* 90 (1):239-241.
- LA PEÑA, M. 1992. Guia de Aves Argentinas (nidos y huevos) – Tomo II. L.O.L.A., Buenos Aires, p. 46-47.
- LYON, B. & KUHNIGK, A. 1985. Observations on nesting Ornate Hawk-Eagles in Guatemala. *Wilson Bulletin*, 97(2): 141-147.
- MACHADO, A.B.M.; GUSTAVO, G.A.F.; MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.M.S. & LINS, L.V. 1998. Livro Vermelho das Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, p. 211-213.
- SICK, H. 1997. Ornitologia Brasileira. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, p. 244-246; 254-255.
- STAFFORD, B.F. & FERREIRA, M.F. 1995. Predation Attempts on Callitrichids in the Atlantic Coastal Rain Forest of Brazil. *Folia Primatol*, 65:229-233.
- TERBORGH, J. 1983. Five New World Primates: A Study in Comparative Ecology, Princeton University Press, Princeton.
- THIOLLAY, J. M. 1985a. Falconiforms of tropical rainforests: a review. *In*, I. Newton & R.D. Chancellor (Eds.). Conservation Studies on Raptors. ICBP Technical Publication, n° 5, Cambridge, p. 155-165.
- THIOLLAY, J. M. 1985b. Species diversity and comparative ecology of rainforest falconiforms on three continents. *In*, I. Newton & R.D. Chancellor (Eds.). Conservation Studies on Raptors. ICBP Technical Publication, n° 5, Cambridge, p. 167-180.
- THIOLLAY, J. M. 1985c. Composition of falconiform communities along successional gradients from primary rainforest to secondary habitats. *In*, I. Newton & R.D. Chancellor (Eds.). Conservation Studies on Raptors. ICBP Technical Publication, n° 5, Cambridge, p. 181-190.
- VIVO, M. de. 1991. Taxonomia de *Callithrix* Erxleben, 1777 (Callitrichidae, Primates). Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, p. 70-82.
- WEICK, F. 1980. Birds of Prey of the World. Parey, Berlin, p. 120-122.

## CONTEÚDOS ESTOMACAIS DE *ALOUTTA SENICULUS* (PRIMATES: ATELIDAE) NO ACRE, BRASIL

MARGARETE B. DIÓGENES & ARMANDO M. CALOURO

1 - Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC). Cx. P. 395, Rio Branco, AC - Brasil. CEP 69910-100 2 - Universidade Federal do Acre (UFAC), Departamento de Ciências da Natureza (DCN).

### RESUMO

Entre fevereiro de 1990 e maio de 1991 e entre janeiro e março de 1994 foram obtidos os conteúdos estomacais de 43 guaribas (*Alouatta seniculus*) caçados por seringueiros da Floresta Estadual do Antimari, Acre, Brasil. Os itens alimentares de 24 conteúdos estomacais foram analisados, obtendo-se a seguinte distribuição, conforme o peso seco total: folhas: 0,2%, fibras: 3,1%, frutos: 61,0%, material animal: 0,7%, sementes intactas: 24,9%, sementes destruídas: 0,4%, não definido: 9,7%. Flores não foram encontradas. Em 30 conteúdos estomacais coletados entre fevereiro de 1990 e maio de 1991 foi possível identificar taxonomicamente parte do material, sendo que as famílias *Moraceae* (34,1%) e *Caricaceae* (20,4%) foram as que ocorreram com maior frequência, com predominância dos gêneros *Jaracatia* (20,4%), *Brosimum* (11,4%) e *Naucleopsis* (11,4%). Os resultados encontrados para os 3 primeiros meses do ano (período de frutificação na região) sugerem que *Alouatta seniculus*, considerado um folívoro-frugívoro, torna-se preferencialmente frugívoro com o aumento da disponibilidade de frutos. Vale ressaltar a grande proporção de sementes inteiras em comparação com as destruídas, sugerindo que a espécie pode ter um importante papel como dispersor de sementes, especialmente de *Jaracatia sp.*

**Palavras chaves:** *Alouatta seniculus*, dieta, frugivoria, conteúdo estomacal, dispersão de sementes.

### ABSTRACT

**Stomach contents of *Alouatta seniculus* (Primates: Atelidae) in Acre, Brazil.** From February 1990 to May 1991, and from January to March 1994, the stomach contents of 43 howling monkeys (*Alouatta seniculus*) were collected from rubertappers in the Floresta Estadual do Antimari, Acre, Brazil. The composition of 24 stomachs was quantified, resulting in the following distribution, according to the total dry weight: leaves: 0,2%, fibers: 3,1%, fruits: 61,0%, animal material: 0,7%, intact seeds: 24.9%, destroyed seeds: 0,4%, unidentified: 9,7%. No flowers were found. In 30

stomachs collected between February 1990 and May 1991 it was possible to taxonomically identify part of the material. The families Moraceae (34,1%) and Caricaceae (20,4%) were found most frequently, predominantly represented by *Jaracatia* (20,4%), *Brosimum* (11,4%) and *Naucleopsis* (11,4%). The results for the first 3 months of the year, a period of high fruit availability, show that *Alouatta seniculus*, considered a folivore-frugivore, feeds mainly on fruits. The large proportion of intact seeds relative to destroyed ones indicates that *Alouatta seniculus* has a role as a potential seed disperser, especially for *Jaracatia* sp.

**Key words:** *Alouatta seniculus*, diet, frugivory, seed dispersal, stomach content.

## INTRODUÇÃO

O gênero *Alouatta*, conhecido como guariba ou bugio, é considerado predominantemente folívoro-frugívoro por diversos autores (Izawa, 1975; Braza *et al.*, 1983; Neville *et al.*, 1988), mas também é considerado oportunista por outros (Mittermeier & Roosmalen, 1981; Julliot, 1996a; Kinzey, 1997). Esse oportunismo estaria associado à flexibilidade de sua dieta, que pode tornar-se mais frugívora, conforme a disponibilidade dos frutos ao longo do ano (Milton, 1980, *apud* Neville *et al.*, 1988). Essa é uma das características que fazem com que as espécies de *Alouatta* sejam capazes de sobreviver em ambientes degradados ou em fragmentos florestais (Neves & Rylands, 1991; Bicca-Marques & Calegari-Marques, 1994; Thoisy & Richard-Hansen, 1997), desde que não sofram uma elevada pressão de caça. Outra característica relevante deste gênero é a sua contribuição na dispersão de sementes, comprovada através de testes de germinação (Estrada & Coates-Estrada, 1986; Julliot, 1996b; Pedroni & Sanchez, 1997). Entre os primatas neotropicais, esse papel ecológico normalmente é associado aos animais de grande porte e tipicamente frugívoros, como *Ateles* e *Lagothrix*.

Este trabalho teve o objetivo de analisar os conteúdos estomacais de guaribas (*Alouatta seniculus*) caçados por seringueiros na Floresta Estadual do Antimari (AC), a fim de determinar a composição da dieta destes animais no período de captura e averiguar a ocorrência de sementes intactas nos estômagos dos animais.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Floresta Estadual do Antimari (FEA), que possui 66.168 ha e está situada no centro-leste do Estado do Acre, entre 09°13' e 09°31'S, e 68°01' e 68°23'W, sendo ocupada por seringueiros há quase um século. Três tipos de florestas com dossel aberto predominam, a floresta caracterizada por

associação com cipós, por associação com palmeiras e por associação com bambus.

Os seringueiros que habitam a FEA caçam diversas espécies de primatas (Calouro, 1995). As espécies mais caçadas são *Ateles chamek*, *Alouatta seniculus* e *Cebus apella*. Esporadicamente são capturados *Cebus albifrons*, *Pithecia irrorata* e *Callicebus cupreus*. As espécies de primatas não caçadas que ocorrem na área são *Aotus nigriceps*, *Callimico goeldii*, *Cebuella pygmaea*, *Saguinus fuscicollis*, *Saguinus imperator* e *Saimiri boliviensis*.

Entre Fevereiro de 1990 e Maio de 1991 e Janeiro a Março de 1994 foram coletados os conteúdos estomacais de 43 guaribas (*Alouatta seniculus*) caçados por seringueiros da Floresta Estadual do Antimari. Os crânios e os estômagos dos animais caçados foram guardados pelos seringueiros dentro de sacos de malha de nylon em baldes de 30 litros com solução de formalina a 5%. Esses baldes foram deixados com 25 famílias da área, sendo que o material foi coletado mensalmente. O conteúdo estomacal de cada animal foi lavado em peneiras de malha fina. Após secagem ao sol, suas partes foram separadas por categorias e pesadas. As categorias foram folhas, fibras (que podem ser restos de folhas ou ramos jovens), frutos, sementes intactas, sementes destruídas, flores e material de origem animal (artrópodes).

A identificação do material foi feita com o auxílio de especialistas do INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) e do MPEG (Museu Paraense Emílio Goeldi), através da comparação com material de herbário e carpoteca.

## RESULTADOS

De acordo com a análise de 24 conteúdos estomacais de animais caçados nos três primeiros meses dos anos de 1991 e 1994, não foram encontrados estômagos vazios. A frequência de ocorrência dos itens alimentares nos estômagos está demonstrada na Figura 1, sobressaindo-se a ocorrência de frutos (91,7%). Quando incluímos nessa categoria as sementes, a ocorrência de frutos nos estômagos analisados sobe para 100%. Separadamente, as sementes intactas apareceram em 70,8% dos 24 estômagos e as sementes danificadas em 29,2%. Considerando a soma dos pesos secos de todos os conteúdos estomacais (média =  $19,8 \pm 20,38$  g) foi encontrada a seguinte distribuição: folhas: 0,2%, fibras: 3,1%, frutos: 61,0%, material animal: 0,7%, sementes intactas: 24,9%, sementes destruídas: 0,4% e não identificado: 9,7%.

Nos 30 conteúdos estomacais, coletados entre fevereiro de 1990 e maio de 1991, foi possível identificar taxonomicamente parte do material, sendo que as famílias Moraceae (50%) e Caricaceae (30%) foram as que mais ocorreram entre esses estômagos, com predominância dos gêneros *Jaracatia* (30%), *Brosimum* (16,6%) e *Naucleopsis* (16,6%) (Tabela 1).

Tabela 1. Frequência de ocorrência de espécies vegetais identificadas em 30 estômagos de guaribas coletados na Floresta Estadual do Atimari, Acre.

NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR	%
<b>Moraceae</b>		<b>50,0</b>
<i>Naucleopsis glabra</i>	muiratinga	16,6
<i>Brosimum lactescens</i> ou parinaíroides	caucho macho	10,0
<i>Ficus</i> sp.	-	10,0
<i>Heliastylis tomentosa</i>	-	6,7
<i>Brosimum utilies</i>	-	3,3
<i>Brosimum</i> sp.	-	3,3
<b>Caricaceae</b>		<b>30,0</b>
<i>Jaracatia</i> sp.	mamão-do-mato	30,0
<b>Annonaceae</b>		<b>13,3</b>
<i>Duguetia</i> sp.	envira	6,7
Não identificado	ata amarela	3,3
<i>Onychopetalum lucidum</i>	envira caju	3,3
<b>Apocynaceae</b>		<b>10,0</b>
<i>Tabernaemontana heptanphyllum</i>	grão-de-galo	6,7
<i>Rauwolfia</i> sp.	marfim fedorento	3,3
<b>Bignoniaceae</b>		<b>6,7</b>
<i>Tabebuia serratifolia</i>	ipê amarelo	6,7
<b>Anacardiaceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Spondias</i> sp.	cajá	3,3
<b>Graminae</b>		<b>6,7</b>
Não identificado	-	6,7
<b>Bombacaceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Bombacopsis</i> sp.	-	3,3
<b>Burseraceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Protium</i> sp./ <i>Tetragastris</i> sp.	breu vermelho	3,3
<b>Combretaceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Buchenavia</i> sp.	imbiridiba amarela	3,3
<b>Cucurbitaceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Cayaponia</i> sp.	cipó-melancia	3,3
<b>Myristicaceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Virola multiflora</i>	virola	3,3
<b>Myrtaceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Eugenia</i> sp.	araçá	3,3
<b>Passifloraceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Passiflora</i> sp.	Maracujá-bravo	3,3
<b>Rubiaceae</b>		<b>3,3</b>
<i>Psychotria</i> sp.	pitaíca	3,3

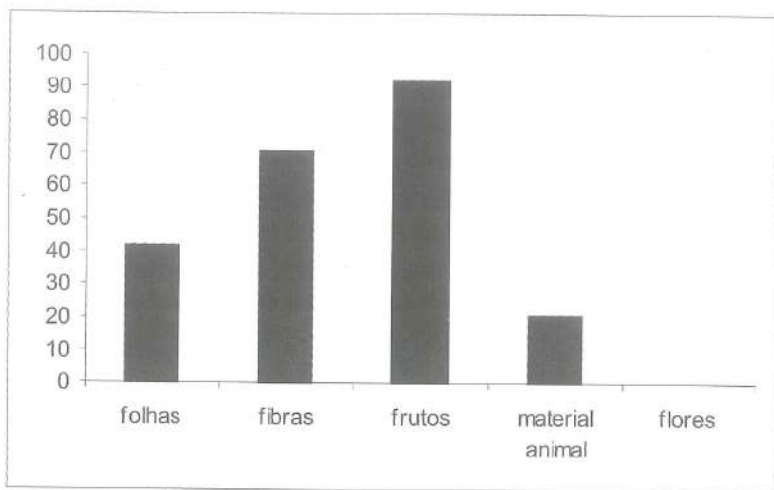


Figura 1 – Percentual de itens alimentares encontrados em 24 estômagos de guaribas coletados na Floresta Estadual do Antimari, Acre.

## DISCUSSÃO

A predominância de *Jaracatia* sp. (mamão-do-mato) nos estômagos analisados merece destaque, já que encontramos referência para este gênero na dieta de *A. seniculus* apenas em Julliot (1996a). Mesmo a família Caricaceae não foi registrada nos trabalhos sobre a dieta da espécie realizados por Mittermeier & Roosmalen (1981) e Neves & Rylands (1991). Entretanto, Chiarello (1994) observou o consumo de folhas e flores de *Jaracatia spinosa* por *A. guariba* (= *A. fusca*) em floresta semi-decidual de Campinas, São Paulo, tendo sido a décima espécie em importância na dieta.

Os resultados encontrados para os três primeiros meses do ano (período de frutificação na região) reforçam a suposição de que *Alouatta seniculus*, considerado um folívoro-frugívoro, é um primata oportunista, tornando-se preferencialmente frugívoro conforme a disponibilidade de frutos. Na FEA a família Moraceae foi a mais utilizada por *A. seniculus*, como também verificado por Mittermeier & Roosmalen (1981) e Neves & Rylands (1991).

A grande proporção de sementes inteiras em comparação com as destruídas reforça o papel de *A. seniculus* como dispersor de sementes. Mittermeier & Roosmalen (1981), em trabalho realizado no Suriname, encontraram uma grande participação de frutos na dieta dessa espécie, com as sementes intactas presentes nas fezes perfazendo um total de 54% dos registros de alimentação (não foram encontradas sementes destruídas). Julliot (1996b) obteve germinação de sementes de 17 espécies de plantas coletadas nas fezes de *A. seniculus*, sugerindo um importante papel de dispersor de sementes.

Cabe lembrar que a análise foi baseada em um número relativamente pequeno de estômagos, de maneira que os resultados devem ser vistos com cautela. Também é preciso destacar que fragmentos de frutos podem ser mais facilmente identificáveis nos estômagos do que fragmentos de folhas, podendo levar a uma subestimativa destes últimos itens.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi, ao Herbário do INPA e ao Prof. Marc van Roosmalen pela ajuda na identificação do material botânico; aos seringueiros da FEA pela disposição em participar da pesquisa e ao International Tropical Timber Organization (ITTO) por financiar o trabalho.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BICCA-MARQUES, J.C. & CALEGARO-MARQUES, C. 1994. Exotic plant species can serve as staple food sources for wild howler populations. *Folia Primatologica*, 63:209-211.
- BRAZA, F., ALVAREZ, F. & AZCARATE, T. 1983. Feeding habits of the red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in the Llanos of Venezuela. *Mammalia*, 7(2):205-214.
- CHIARELLO, A.G. 1994. Diet of the brown howler monkey *Alouatta fusca* in a semi-deciduous forest fragment of southeastern Brazil. *Primates*, 35(1): 25-34.
- ESTRADA, A. & COATES-ESTRADA, R. 1986. Frugivory by howling monkeys (*Alouatta palliata*) at Los Tuxtlas, México: dispersal and fate of seeds. In A. Estrada & T. H. Fleming (Eds.). *Frugivores and Seed Dispersal*. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, p. 93-104.
- GALETTI, M.; PEDRONI, F. & MORELLATO, L.P.C. 1994. Diet of the howler monkey *Alouatta fusca* in a forest fragment in southeastern Brazil. *Mammalia*, 58(1): 111-118.
- IZAWA, K. 1975. Foods and feeding behavior of monkeys in the upper Amazon basin. *Primates*, 17:295-316.
- JULLIOT, C. 1996a. Fruit choice by red howler monkeys (*Alouatta seniculus*) in a tropical rain forest. *Am. J. Primat.*, 40:261-282.
- JULLIOT, C. 1996b. Seed dispersal by red howling monkeys (*Alouatta seniculus*) in the tropical rain forest of French Guiana. *Int. J. Primat.*, 17(2):239-258.
- KINZEY, W.G. 1997. *Alouatta*. In W. G. Kinzey (Ed.). *New World Primates – Ecology, Evolution and Behavior*. Aldine de Gruyter, New York, p. 174-185.
- MITTERMEIER, R.A. & VAN ROOSMALEN, M.G.M. 1981. Preliminary observations on habitat utilization and diet in eight Surinam monkeys. *Folia Primatologica*, 36:1-39.



- NEVES, A.M.S. & RYLANDS, A.B. 1991. Diet of a group of howling monkeys, *Alouatta seniculus*, in an isolated forest patch in Central Amazonia. In A.B. Rylands & A.T. Bernardes (Eds.). *A Primatologia no Brasil - 3*. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, p. 133-137.
- NEVILLE, M.K., GLANDER, K.E., BRAZA, F. & RYLANDS, A.B. 1988. The howling monkeys, genus *Alouatta*. In R. A. Mittermeier, A. B. Rylands, A. F. Coimbra-Filho & G. A. B. Fonseca (Eds.). *Ecology and Behavior of Neotropical Primates - Vol. 2*. WWF, Washington, p. 349-453.
- PEDRONI, F. & SANCHEZ, M. 1997. Dispersão de sementes de *Pereskia aculeata* Muller (Cactaceae) num fragmento florestal no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Biol.*, 57(3):479-486.
- THOISY, B. & RICHARD-HANSEN, C. 1997. Diet and social behaviour changes in a red howler monkey (*Alouatta seniculus*) troop in a highly degraded rain forest. *Folia Primatologica*, 68:357-361.



## DISCRIMINAÇÃO DE CORES NO SAUIM-PRETO (*SAGUINUS MIDAS NIGER*)

DANIEL M. A. PESSOA, ALESSANDRA J. BAPTISTA, FABIANA B.

CÉSAR, VALDIR F. PESSOA & CARLOS ALBERTO B. TOMAZ

Centro de Primatologia, Universidade de Brasília, 70910-900, Brasília-DF, Brasil.

### RESUMO

A cor pode ser utilizada na segregação perceptual de alvos e é uma das pistas utilizadas por primatas na identificação de recursos alimentares. Para um primata frugívoro, como *Saguinus*, uma percepção acurada de cores seria vantajosa na detecção de frutos maduros à distância. Com o objetivo de investigar a percepção de cores em *Saguinus*, um macho e uma fêmea de *Saguinus midas niger* foram testados quanto às suas habilidades em discriminar papéis de Munsell, utilizando para isto uma versão modificada do Wisconsin General Test Apparatus. Os resultados mostraram que enquanto o macho comportou-se como um dicromata, o desempenho da fêmea foi semelhante a de um tricromata. Esta diferença é discutida em função da existência de cooperações intraespecíficas entre tricromatas e dicromatas na realização de diferentes tarefas comportamentais.

**Palavras-chave:** Visão de cores, primatas neotropicais, comportamento, papéis de Munsell, *Saguinus*

### ABSTRACT

**Color discrimination in the black tamarin (*Saguinus midas niger*).** Color can be used for segregation of targets and it is one of the cues that monkeys use to identify food resources. For a fruit-eating primate, such as *Saguinus*, an accurate color perception would be advantageous to help find ripe fruits at distance. In order to investigate color perception in *Saguinus*, the color abilities of one male and one female of *Saguinus midas niger* in discriminating pairs of Munsell color chips were assessed through a modified version of the Wisconsin General Test Apparatus. The results showed that, while the male subject performed like a dichromat, the female subject had a performance comparable to a trichromat. This difference is discussed regarding the existence of intraspecific cooperations, with trichromats and dichromats specialized in different kinds of behavioral tasks.

**Key words:** Color vision, neotropical primates, behavior, Munsell color chips, *Saguinus*

## INTRODUÇÃO

A visão de cores em humanos tem sido entendida como dependente da excitação de classes diferentes de cones. A existência de uma, duas ou três classes de cones conferem ao indivíduo, respectivamente, a condição de monocromatismo, dicromatismo ou tricromatismo (Tovée, 1996).

A maior parte dos mamíferos possui um sistema dicromático, cabendo aos primatas humanos e a alguns não-humanos o privilégio de usufruírem de um tricromatismo (Jacobs, 1998). No entanto, existem várias formas de visão de cores na população humana (Tovée, 1995). A existência do polimorfismo na visão de cores humana originou a hipótese de que as variações observadas eram atávicas e levantou a possibilidade da preservação de estágios evolutivos da visão de cores em algumas espécies contemporâneas de primatas (Jacobs, 1986).

No caso dos primatas neotropicais, um dos motivos para a realização de estudos da visão de cores tem sido a sua dependência de um hábito fundamentalmente frugívoro (Rosenberger, 1992). A cor pode ser utilizada no julgamento do estado de amadurecimento de um fruto pela sua aparência externa. Esta situação exige uma discriminação acurada de cores em ambientes em que o iluminante (luz solar) varia no decurso do dia e das estações. Neste contexto, a detecção de um fruto maduro à distância, envolto em uma folhagem verde que varia aleatoriamente de brilho, constitui uma situação de difícil realização para um dicromata (Regan *et al.*, 1998).

Nas últimas décadas, estudos comportamentais, microespectrofotométricos, eletrofisiológicos e de genética molecular têm contribuído para a idéia de que, contrastando com a visão tricromática de macacos do Velho Mundo, os macacos do Novo Mundo apresentam um polimorfismo da visão de cores (Mollon *et al.*, 1984; Jacobs *et al.*, 1987; Shyue *et al.*, 1998). Neste cenário, caracterizado por três tipos de tricromatismo e três tipos de dicromatismo, os machos expressariam apenas os fenótipos dicromatas enquanto que as fêmeas expressariam tanto fenótipos dicromatas quanto tricromatas (Jacobs, 1998).

No gênero *Saguinus*, estudos comportamentais e eletroretinográficos no *S. fuscicollis* têm favorecido a hipótese do dicromatismo obrigatório em machos (Jacobs *et al.*, 1987). Contudo, num estudo comportamental realizado com o *Saguinus oedipus oedipus* (Savage *et al.*, 1987) os resultados sugeriram que tanto machos quanto fêmeas teriam uma percepção de cores similar a tricromatas humanos. Recentemente, um estudo de biologia molecular, realizado no *Saguinus mystax* (Shyue *et al.*, 1998), mostrou que esta espécie apresenta polimorfismo visual, reforçando a hipótese de que os machos seriam obrigatoriamente dicromatas. Tais resultados conflitantes tanto podem ser fruto da utilização de diferentes metodologias, uma vez que foram diversos os procedimentos experimentais adotados, como podem também refletir possíveis diferenças interespecíficas. O

gênero *Saguinus*, da família Callithrichidae, constitui o grupo mais diverso dos macacos do Novo Mundo, com cerca de 12 espécies (Box, 1997). Para melhor avaliar a hipótese de polimorfismo, é fundamental o estudo da visão de cores em espécies ainda não consideradas.

Na tentativa de contribuir para um melhor entendimento deste fenômeno procuramos investigar, por meio de um paradigma comportamental de aprendizagem discriminativa, o tipo de percepção de cores apresentada por machos e fêmeas de *Saguinus midas niger* (sauim-preto). Os resultados obtidos são discutidos com base na hipótese de dicromatismo obrigatório em machos de primatas neotropicais e aspectos ecológicos ligados à visão de cores.

## MÉTODOS

### Sujeitos

Foram utilizados dois indivíduos adultos da espécie *S. midas niger*. Os animais foram mantidos no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília. As condições de manutenção estão de acordo com as normas estabelecidas pelo IBAMA. Todos os animais foram testados em seu próprio viveiro, evitando-se, assim, o estresse da captura, transporte e restrição, otimizando o desempenho comportamental (Savage et al., 1987). Os animais não sofreram privação de alimento, a não ser durante as sessões experimentais. A água foi fornecida *ad libitum*.

Quatro seres humanos apresentando deficiências na faixa de comprimentos de onda médios (deutans) e dois com deficiências na faixa de comprimentos de onda longos (protans), diagnosticados através do teste de Ishihara, foram utilizados na escolha dos pares de estímulos de difícil discriminação por dicromatas. Para isto, se apresentou a cada sujeito cerca de 150 papéis de Munsell. Os sujeitos foram instruídos a agruparem e sequenciarem os 150 papéis. Com base na análise dos agrupamentos e sequenciamentos realizados pelos dicromatas, pontos de confusão espectral puderam ser determinados. Os pontos de confusão apresentados por todos os protans testados constituíram os pares de difícil discriminação por dicromatas protans. Semelhantemente, os pares de difícil discriminação por dicromatas deutans foram escolhidos com base nas respostas de todos os deutans testados.

### Estímulos

Os estímulos consistiram de papéis de Munsell (Munsell, 1966). Nesse sistema de notação, a cor é especificada pelo seu matiz (um número e letras) e níveis de brilho sobre saturação (por ex.: 7,5R 6/10 é a notação correspondente a um "Red" ou vermelho 7,5 com brilho 6 e saturação 10). Os papéis de Munsell

têm sido utilizados em vários experimentos de discriminação de cores em primatas, representando um método confiável e muito indicado no estudo de espécies ameaçadas de extinção (Savage *et al.*, 1987; Pessoa *et al.*, 1997).

Neste trabalho foram empregados blocos de estímulos de um determinado matiz e quatro brilhos diferentes (Tabela 1). Cada bloco continha um estímulo discriminativo positivo (SD+), sempre acompanhado de uma recompensa, e cinco estímulos discriminativos negativos (SD-), nunca acompanhados de recompensas. Procurou-se utilizar estímulos com cores que refletissem a situação natural encontrada pelo animal. Desta forma, foram utilizados SD+ que apresentassem tons de laranja/vermelho, parecidos com a coloração dos frutos usualmente ingeridos pelos *Saguinus* (Savage *et al.*, 1987), e SD- que apresentassem tonalidades de verde, reproduzindo a coloração da folhagem. Todos os estímulos foram apresentados aos animais sob condições de iluminação solar natural.

Tabela 1. Relação dos quatro blocos de estímulos de Munsell, constituídos por um SD+ e cinco SD-, utilizados no experimento. O primeiro número e letras indica o matiz do estímulo. As frações indicam os brilhos/saturações utilizados para o respectivo matiz, segundo Munsell (1966).

Blocos de estímulos	Valor reforçador	Estímulos	
		Matiz	Brilho/Saturação
Bloco 1	SD+	10YR	5/10, 6/10, 7/10, 8/10
	SD-	5GY	5/8, 6/10, 7/10, 8/10
	SD-	2,5PB	5/6, 6/6, 7/6, 8/6
	SD-	5PB	5/6, 6/6, 7/6, 8/6
	SD-	5R	5/4, 6/4, 7/4, 8/4
	SD-	7,5B	5/4, 6/4, 7/4, 8/4
Bloco 2	SD+	2,5YR	4/8, 5/14, 6/14, 7/10
	SD-	7,5GY	4/8, 5/10, 6/10, 7/10
	SD-	7,5P	4/8, 5/8, 6/8, 7/8
	SD-	5PB	4/6, 5/6, 6/6, 7/6
	SD-	5B	4/6, 5/6, 6/6, 7/6
	SD-	10BG	4/6, 5/6, 6/6, 7/6
Bloco 3	SD+	7,5YR	4/8, 5/8, 6/8, 7/8
	SD-	2,5G	3/10, 4/10, 5/10, 7/10
	SD-	7,5P	4/8, 5/8, 6/8, 7/8
	SD-	5PB	4/6, 5/6, 6/6, 7/6
	SD-	5B	4/6, 5/6, 6/6, 7/6
	SD-	10BG	4/6, 5/6, 6/6, 7/6
Bloco 4	SD+	10YR	5/8, 6/8, 7/8, 8/8
	SD-	10YR	5/10, 6/10, 7/10, 8/10
	SD-	7,5B	5/4, 6/4, 7/4, 8/4
	SD-	5R	5/4, 6/4, 7/4, 8/4
	SD-	5PB	5/6, 6/6, 7/6, 8/6
	SD-	2,5PB	5/6, 6/6, 7/6, 8/6

## Equipamento

Os animais foram testados utilizando-se uma versão do Wisconsin General Test Apparatus (Harlow & Bromer, 1938). O aparato experimental compreendia uma bandeja portátil, dois porta-estímulos, e um anteparo. Todos os itens do aparato experimental foram construídos em acrílico, para permitir uma higienização adequada. A bandeja apresentava duas cavidades separadas em 20 cm uma da outra, com a função de alojar o reforço (recompensa). Utilizou-se como recompensa  $\frac{1}{4}$  de uva-passa. A bandeja apresentava dois suportes, que permitiam a sua fixação à frente do viveiro do animal. Estruturas em forma de cubo (2 cm x 3 cm) serviam para reter os estímulos. Estes cubos, dimensionados para a resposta motora dos animais, possuíam uma janela na parte superior, que permitia a visualização dos estímulos, e uma gaveta para permitir a troca rápida dos mesmos. Os cubos eram posicionados sobre as cavidades da bandeja onde o reforço era alojado. O aparato experimental foi montado à frente de uma gaiola, instalada dentro do viveiro do animal, de forma que o animal pudesse passar uma das patas por entre as grades e alcançar os cubos. Esta gaiola tinha duas funções. A primeira era de isolar o sujeito dos demais animais no viveiro, para que estes não interferissem no desenrolar do experimento. A segunda era de fornecer um suporte adequado para o animal (poleiro), liberando seus membros anteriores para a manipulação dos porta-estímulos. Durante o intervalo entre as tentativas se utilizou um anteparo posicionado entre a gaiola e o experimentador para impedir que os sujeitos observassem a troca de estímulos.

## Procedimento

Os animais foram inicialmente modelados em tarefas de aprendizagem discriminativa (Burešová & Bureš, 1983), onde aprenderam a manipular os cubos e apanhar o reforço. Uma vez modelados, os animais passaram para a fase de treino.

Na fase de treino, os sujeitos foram submetidos a testes de discriminação simples. Os estímulos de treino eram conjuntos de quatro papéis de Munsell, de determinado matiz e quatro brilhos diferentes. Estes estímulos foram pareados dois a dois, de modo a constituir pares de fácil discriminação por seres humanos dicromatas. Os animais foram treinados a discriminar um matiz (estímulo discriminativo positivo, SD+) de um outro (estímulo discriminativo negativo, SD-). A resposta do sujeito consistia em levantar um dos cubos. Considerou-se uma resposta correta quando o sujeito levantava o cubo correspondente ao SD+. Como consequência desta resposta o sujeito tinha acesso à recompensa. Tanto o brilho do SD+ quanto do SD- variou aleatoriamente, impossibilitando a utilização desta variável pelos animais. No início de cada sessão, o par testado era apresentado

cinco vezes, de forma que o animal pudesse ver onde havia sido colocado o reforço. Este procedimento é chamado de "priming", e tem por objetivo lembrar ao animal qual é o SD+. Após o "priming", um número variável de apresentações foram realizadas, sempre com a ocorrência aleatória do SD+ à direita ou à esquerda do sujeito. Este procedimento foi realizado até que o critério de 10 respostas corretas consecutivas fosse atingido pelo animal. A partir daí deu-se início à fase de testes.

Na fase de teste, os sujeitos realizaram discriminações entre vários pares de papeis de Munsell. Alguns destes pares eram de fácil discriminação por indivíduos dicromatas e tricromatas (pares fáceis). Outros eram de fácil discriminação por tricromatas, mas de difícil discriminação por dicromatas (pares difíceis). Outros eram ainda de difícil discriminação por indivíduos dicromatas e tricromatas (pares impossíveis). Os pares "fáceis" estavam situados fora das faixas de "confusão" para indivíduos dicromatas, representando perceptualmente o pareamento de púrpuras, azuis e vermelhos (7,5P; 5PB; 2,5PB; 5B; 7,5B; 10BG; 5R) com laranjas (2,5YR; 7,5YR; 10YR). Os pares "difíceis" localizavam-se numa faixa de "confusão" para indivíduos dicromatas, e representavam o pareamento de tons de verde (7,5GY; 2,5G; 5GY) com tons de laranja (2,5YR; 7,5YR; 10YR). O par "impossível" era composto pelo pareamento de um laranja (10YR) com um outro laranja (10YR), tornando praticamente impossível sua discriminação por qualquer indivíduo. Na fase de testes utilizou-se o mesmo SD+ da fase de treino. No entanto, o SD- foi modificado a cada par. Após o "priming", todos os pareamentos possíveis entre os quatro brilhos do matiz SD+ e os quatro brilhos do matiz SD- foram apresentados, quatro vezes cada. Das 64 tentativas semelhantes calculou-se um percentual de acerto referente ao par testado naquela sessão experimental.

Uma vez terminada a fase de testes, o animal foi reintroduzido na fase de treino com um SD+ diferente, passando novamente por todo o processo acima descrito.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

O teste binomial foi utilizado para se estabelecer os limites de confiança de 95% para uma performance ao acaso, baseado no número de tentativas de cada sessão.

## RESULTADOS

As figuras 1, 2, 3, e 4 apresentam o desempenho comportamental do macho e da fêmea de *S. midas niger* frente aos vários testes de discriminação de cores. Cada figura representa os resultados obtidos num bloco diferente de estímulos. Cada ponto do gráfico representa o desempenho apresentado por um dos sujeitos naquele par, constituído pelo estímulo discriminativo positivo (SD+) do bloco e por um dos cinco



estímulos discriminativos negativos (SD-). A ordem de apresentação, dos diferentes pares de estímulos, foi a mesma para os dois indivíduos estudados. A linha pontilhada representa o limite superior do intervalo de confiança de 95% para uma performance ao acaso. Este limite superior foi estimado, através do teste binomial, como sendo igual a 63% de acertos. Nas figuras 1, 2 e 3, o primeiro, o segundo, o terceiro, e o quinto par correspondem a situações de fácil discriminação por indivíduos dicromatas e tricromatas (pares fáceis), enquanto o quarto par é de difícil discriminação por dicromatas e de fácil discriminação por tricromatas (pares difíceis). Na Figura 4, o primeiro, o segundo, o terceiro, e o quinto par são pares de fácil discriminação por dicromatas e tricromatas, enquanto que o quarto par é de difícil discriminação por dicromatas e tricromatas (par impossível).

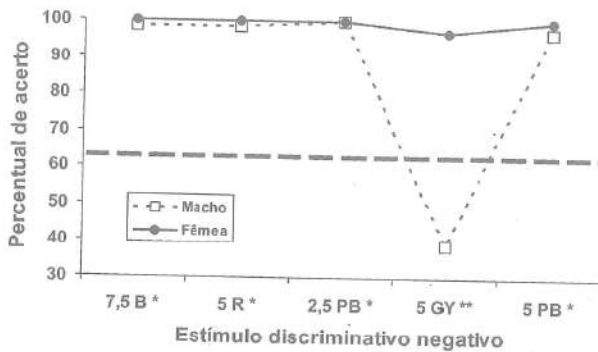


Figura 1. Discriminação simples de cores por um macho e uma fêmea de *Saguinus midas niger*, utilizando como estímulo discriminativo positivo o matiz 10YR n/10. A linha pontilhada indica o limite superior do intervalo de confiança de 95% para uma performance ao acaso. Os pares fáceis estão marcados com (\*), os pares difíceis com (\*\*), e os pares impossíveis com (\*\*\*) . A seqüência dos estímulos discriminativos negativos reflete a ordem real de apresentação dos mesmos.

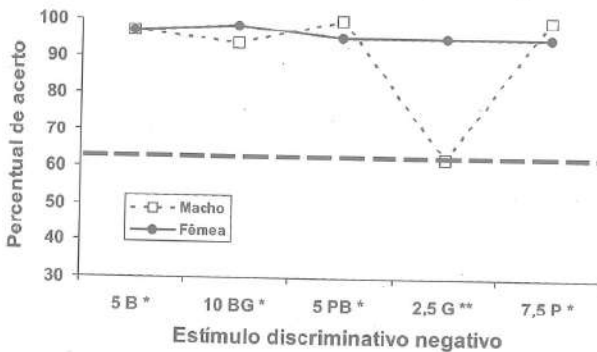


Figura 2. Discriminação simples de cores utilizando como estímulo discriminativo positivo o matiz 7,5YR n/8. Convenções semelhantes à Figura 1.

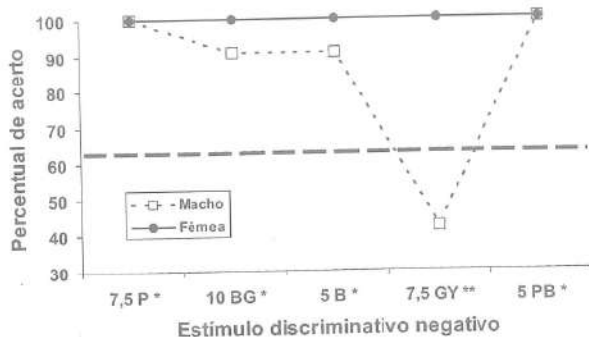


Figura 3. Discriminação simples de cores utilizando como estímulo discriminativo positivo o matiz 2,5YR n/14. Convenções semelhantes à Figura 1.

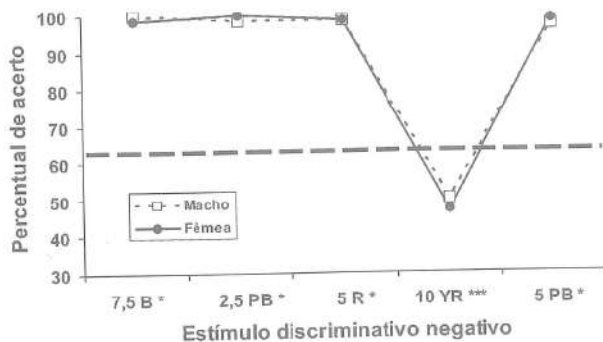


Figura 4. Discriminação simples de cores utilizando como estímulo discriminativo positivo o matiz 10YR n/8. Convenções semelhantes à Figura 1.

Analisando os resultados, verificamos que o macho e a fêmea apresentaram um desempenho semelhante, acima do acaso, para todos os pares “fáceis”. Isto mostra que estes animais foram capazes de aprender e de executar o teste comportamental empregado, sendo capazes de realizar as discriminações de cores.

Com base nas figuras 1, 2, e 3, podemos verificar ainda que o desempenho do macho, nos pares “difíceis”, diferiu significativamente do desempenho da fêmea. Em todos estes pares o desempenho do macho ficou abaixo do limite superior do intervalo de confiança para uma performance ao acaso. Isto significa que este animal apresentou um desempenho ao acaso, não sendo capaz de realizar discriminações de cores nesta faixa do espectro. A fêmea, ao contrário, demonstrou um desempenho acima do acaso, nos pares “fáceis” e “difíceis”. Estes achados demonstram a existência de uma “confusão” espectral, na faixa verde e laranja, no macho de *S. midas niger*, sugerindo a existência de dicromatismo neste sujeito. Por outro lado, a fêmea de *Saguinus* não apresentou, na faixa do espectro testada, nenhum tipo de confusão, sugerindo que este indivíduo apresenta uma visão tricromata.

Na Figura 4 observamos que o desempenho do macho e da fêmea não diferiu, permanecendo acima do acaso nos pares "fáceis", e caindo abaixo do limite superior do intervalo de confiança no par "impossível". Este resultado serve para atestar a confiabilidade da metodologia comportamental empregada, pois demonstra que os ótimos desempenhos apresentados pela fêmea nos pares "difíceis" podem ser explicados apenas com base em sua capacidade tricromática de discriminação de cores. A existência de outros fatores, que pudessem estar influenciando positivamente o desempenho deste animal, fica, deste modo, descartada.

## DISCUSSÃO

A metodologia utilizada neste trabalho procurou avaliar a visão de cores em dois sujeitos de *S. midas niger* de forma a apresentar aos animais problemas que usualmente eles poderiam encontrar no seu ambiente natural. Assim, durante as discriminações dos pares "difíceis", os animais foram submetidos a situações de "confusão" que provavelmente ocorrem na natureza. Segundo Savage et al. (1987), 54% das espécies de frutos ingeridas pelo gênero *Saguinus* estão na faixa amarelo/laranja/vermelho, sendo 24% de frutos vermelhos. Os SD+ utilizados, com seus tons de laranja/vermelho, são semelhantes a coloração dos frutos ingeridos pelos *Saguinus*, enquanto que os SD-, com suas tonalidades de verde, são comparáveis à coloração da folhagem.

Os nossos resultados sugerem que o *S. midas niger* apresenta um polimorfismo da visão de cores, com alguns indivíduos dicromatas e outros tricromatas. Há uma grande chance, devido à proximidade filogenética, de que o polimorfismo apresentado por *S. midas niger* se assemelhe ao polimorfismo encontrado para outras espécies deste gênero, como o *Saguinus fuscicollis* (Jacobs et al., 1987) e o *Saguinus mystax* (Shyue et al., 1998). Nestas espécies foram encontrados três tipos de cones na faixa verde/vermelho, além de um tipo de cone na faixa do azul. A explicação mais aceita para o polimorfismo encontrado tem sido que os três pigmentos verde/vermelho são produzidos pela atividade de genes situados em um único locus do cromossomo - X. Haveriam três alelos neste locus, e suas ações individuais resultariam na produção de um dos três tipos de cones (Jacobs et al., 1987). Com apenas um cromossomo - X, os machos receberiam um dos três tipos de pigmentos e seriam portanto obrigatoriamente dicromatas. As fêmeas teriam a possibilidade de possuir alelos diferentes em seus dois cromossomos - X, resultando em duas classes de pigmentos na faixa verde/vermelho, conferindo uma visão tricromata (Jacobs, et al., 1987).

Tendo em vista a aparente vantagem adaptativa da visão tricromata sobre a dicromata na discriminação de frutos maduros sobre a folhagem (Regan et al., 1998), e o fato dos frutos constituírem o principal recurso alimentar utilizado pelo

gênero *Saguinus* (Egler, 1993), o que levaria este gênero a conservar um polimorfismo visual, com vários tipos de dicromatismo? Uma das explicações se baseia na hipótese da “vantagem do heterozigoto”, onde o tricromatismo das fêmeas heterozigotas forneceria vantagens seletivas em relação ao dicromatismo das fêmeas homozigotas (Mollon *et al.*, 1984). Desta forma, a variação nos pigmentos visuais dos machos dicromatas seria uma forma de maximizar a ocorrência de tricromatismo (Mollon *et al.*, 1984).

No entanto, pode ser que o dicromatismo não seja tão desvantajoso em relação ao tricromatismo como se imagina. Recentemente, Verhulst & Maes (1998) demonstraram que dicromatas humanos apresentam uma visão escotópica (visão em condições de baixa luminosidade) melhor, quando comparada aos tricromatas normais. Isto fornece uma vantagem seletiva, porque a visão escotópica aumentada torna mais fácil a detecção de predadores noturnos e o forrageio em condições de luminosidade baixa. Esta vantagem, juntamente com a habilidade de detecção de objetos camuflados (Morgan *et al.*, 1989), poderia compensar as desvantagens sofridas pelos dicromatas em certas situações. Neste caso, o polimorfismo poderia ser explicado com base na hipótese da “vantagem dependente da frequência”. Tal vantagem seria conferida ao animal que tivesse a capacidade de detectar alvos (e.g. frutos ou insetos crípticos) não percebidos pela maioria dos membros do grupo. Assim, possuir os fenótipos mais raros seria mais vantajoso (Mollon *et al.*, 1984).

A maioria dos macacos do Novo Mundo vivem em grupos familiares, havendo evidências de que certas espécies, como o *Saguinus fuscicollis*, forrageiam de forma cooperativa (Menzel & Juno, 1985). Por intermédio de uma seleção de parentesco, poderia haver a formação de grupos familiares cooperativos, com indivíduos especializados em diferentes habilidades. Os grupos que apresentassem diversas formas de dicromatismo e tricromatismo na população seriam melhor sucedidos que grupos contendo apenas indivíduos dicromatas ou apenas tricromatas.

Existe um grande abismo entre os estudos de visão de cores, realizados em laboratório, e os estudos de seleção alimentar, realizados no campo. Não se sabe ao certo até que ponto os primatas realmente realizam tênues discriminações de matizes no ambiente natural (Savage *et al.*, 1987). Neste sentido, experimentos comportamentais, que procurem reproduzir as condições naturais das espécies estudadas, são de fundamental importância no estudo da visão de cores. Apesar das abordagens eletrofisiológicas e moleculares propiciarem uma maior precisão na identificação dos diferentes tipos de cones, vale salientar que a abordagem comportamental, quando bem conduzida, apresenta uma maior relevância, uma vez que a percepção de cor no ambiente natural reflete um processo mais complexo do que a atividade dos receptores visuais no olho e seu processamento até as áreas visuais do córtex cerebral. Entretanto, apesar

da consistência dos resultados obtidos no presente trabalho, estudos adicionais com um maior número de sujeitos são desejáveis.

### AGRADECIMENTOS

À CAPES/DAAD pelo suporte financeiro. Ao Prof. Vanner Boere e Raimundo Oliveira pela assistência veterinária, e a Washington Vargas pelo cuidado com os animais. Ao IBAMA e ao CESPE-UnB pelo apoio ao Centro de Primatologia.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOX, H.O. 1997. Foraging strategies among male and female marmosets and tamarins (Callitrichidae) : new perspectives in an underexplored area. *Folia Primatol.*, 68:296-306.
- BUREŠOVÁ, O. & BUREŠ, J. 1983. Learning and memory. In J. Bureš, O. Burešová & J. P. Huston (Eds.). *Techniques and basic experiments for the study of brain and behavior*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, p. 135-216.
- EGLER, S.G. 1993. First field study of the pied tamarin, *Saguinus bicolor bicolor*. *Neotrop. Primatol.*, 1:13-14.
- HARLOW, H. & BROMER, J. 1938. A test-apparatus for monkeys. *Psychol. Rev.*, 19: 434-438.
- JACOBS, G.H. 1986. Color vision variations in non-human primates, *Trends Neurosc.*, 9:320-323.
- JACOBS, G. H. 1998. A perspective on color vision in platyrrhine monkeys. *Vision Res.*, 38:3307-3313.
- JACOBS, G.H., NEITZ, J. & CROGNALE, M. 1987. Color vision polymorphism and its photopigment basis in a callitrichid monkey (*Saguinus fuscicollis*). *Vision Res.*, 27:2089-2100.
- MENZEL, E.W. & JUNO, C. 1985. Social foraging of marmoset monkeys and the question of intelligence. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 208:145-158.
- MOLLON, J.D., BOWMAKER, J.K. & JACOBS, G.H. 1984. Variations of colour vision in a New World primate can be explained by polymorphism of retinal photopigments. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 222:373-399.
- MORGAN, M.J., MOLLON, J.D. & ADAM, A. 1989. Dichromats break camouflage of textural boundaries. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 30: Suppl. 220.
- MUNSELL, A.H. 1966. *Munsell book of color*. Munsell Company, Baltimore.
- PESSOA, V.F., TAVARES, M.C.H., AGUIAR, L., GOMES, U.R. & TOMAZ, C. 1997. Color vision discrimination in the capuchin monkey *Cebus apella*: evidence for trichromaticity. *Behav. Brain Res.*, 89:285-288.
- REGAN, B. C., JULLIOT, C., SIMMEN, B., VIÉNOT, F., CHARLES-DOMINIQUE, P. & MOLLON, J. D. 1998. Frugivory and colour vision in *Alouatta seniculus*, a trichromatic platyrrhine monkey. *Vision Res.*, 38:3321-3327.

- ROSENBERGER, A.L. 1992. Evolution of feeding niches in New World monkeys. Amer. J. Phys. Anthropol., 88:525-562.
- SAVAGE, A., DRONZEK, L.A. & SNOWDON, C.T. 1987. Color discrimination by the cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus oedipus*) and its relation to fruit coloration. Folia Primatol., 49:57-69.
- SHYUE, S.K., BOISSINOT, S., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., SCHNEIDER, M.P. ABEE, C.R., WILLIAMS, L., HEWETT-EMMETT, D., SPERLING, H.G., COWING, J.A., DULAI, K.S., HUNT, D.M. & LI, W.H. 1998. Molecular genetics of spectral tuning in new world monkey color vision. J. Mol. Evol., 46:697-702.
- TOVÉE, M.J. 1995. Les gènes da la vision des couleurs . La Recherche, 26:26-33.
- TOVÉE, MJ. 1996. An introduction to the visual system. Cambridge University Press, Cambridge, 202 p.
- VERHULST, S. & MAES, F.W. 1998. Scotopic vision in colour-blinds. Vision Res., 38:3387-3390.

## EVIDÊNCIA COMPORTAMENTAL DE POLIMORFISMO NA VISÃO DE CORES EM MICO-DE-CHEIRO (*SAIMIRI USTUS*)

VALDIR F. PESSOA, CAROLINA C. PRADO, GUSTAVO B. MOZZER & CARLOS TOMAZ

Centro de Primatologia e Departamento de Ciências Fisiológicas,  
Universidade de Brasília, CEP 70910-900, Brasília -DF, Brasil

### RESUMO

Várias pesquisas têm contribuído para a generalização de que os macacos do Novo Mundo possuem um polimorfismo da visão de cores caracterizado pela presença de seis fenótipos, os machos expressando apenas os fenótipos dicromatas. Este panorama requer estudos adicionais em espécies ainda não testadas, como é o caso do *Saimiri ustus*. Os animais foram testados através de um paradigma comportamental de aprendizagem discriminativa, utilizando como estímulos, papéis de Munsell. Contrastando com a fêmea, o indivíduo macho demonstrou um desempenho aleatório na discriminação de um par cromático (laranja vs. verde) que produziu dificuldades semelhantes em um humano protan. Estes resultados são discutidos em relação à hipótese do polimorfismo ligado ao sexo nos platirrinos e em relação à ecologia alimentar.

**Palavras chave:** Visão de cores, macaco do Novo Mundo, *Saimiri*, Papel de Munsell

### ABSTRACT

**Behavioral evidence of color vision polymorphism in the squirrel monkey (*Saimiri ustus*).** Research have contributed to the generalization that New World monkeys have a sex-linked color vision polymorphism, which is characterized by the presence of six phenotypes, males expressing only dichromatic phenotypes. The picture of color vision among neotropical primates requires further work in not yet tested species, as it is the case of *Saimiri ustus*. The animals were tested using a behavioral discrimination paradigm with Munsell color chips as stimuli. Contrasting with the female, the male subject showed a below chance performance in discriminating a pair (orange vs. deep green) which produced similar difficulties in a protan human. These preliminary results indicate that *S. ustus* might have, as *S. sciureus*, a sex-linked color vision polymorphism. These results are discussed in relation to the hypothesis of sex-

linked polymorphism in platirrines and its relation to the feeding ecology.

**Keywords:** Color vision, New World monkey, *Saimiri*, Munsell paper

## INTRODUÇÃO

A visão de cores requer, pelo menos, a comparação das respostas de dois tipos de receptores sensoriais que diferem em suas sensibilidades a diversos comprimentos de onda, ou seja, diferem em suas sensibilidades espectrais. Assim, na visão de cores dicromática, onde qualquer luz pode ser especificada pela mistura particular de duas luzes primárias, as quantidades relativas de luz absorvidas são comparadas por dois tipos de receptores. Esta é a situação encontrada na grande maioria dos mamíferos (Jacobs, 1993), que comparam sinais de cones que absorvem luz preferencialmente na faixa dos comprimentos de onda curtos (região do azul-violeta) com outros cones que possuem sensibilidade espectral para comprimentos de onda longos/médios (faixa do vermelho-verde). Entre os mamíferos, uma visão de cores tricromática, mais acurada, e que depende da combinação das respostas de três tipos de receptores, cada um contendo um pigmento visual diferente, é encontrada apenas nos primatas (Dulai *et al.*, 1994, 1999). Em todos os casos conhecidos de visão de cores, a combinação das respostas de receptores com diferentes sinais é realizada pelos neurônios de oponência cromática (excitados por alguns comprimentos de onda e inibidos por outros). Os neurônios oponentes mais frequentes são aqueles excitados por comprimentos de onda longos (faixa do vermelho) e inibidos por comprimentos de onda médios (faixa do verde) e os de resposta contrária, i.e., estimulados pelo verde e inibidos pelo vermelho (Abramov & Gordon, 1994). Estes neurônios oponentes são conhecidos como células M/L.

Dentre os primatas, a contribuição mais extraordinária para a compreensão, utilidade e evolução da visão de cores tem sido proveniente de estudos em macacos do Novo Mundo. Em 1974, Jacobs examinou os padrões de respostas de neurônios com oponência espectral no mico-de-cheiro (*Saimiri sciureus*) e encontrou que, embora houvesse células M/L em fêmeas da espécie, estes neurônios eram ausentes ou raros nos indivíduos machos. Tais disparidades sugeriram a presença de variações individuais na visão de cores de *Saimiri*. Experimentos subsequentes, utilizando abordagens comportamentais para discriminação de cores, medidas microespectrofotométricas dos pigmentos dos cones, eletroretinografia e genética molecular na mesma espécie, demonstraram, fortemente, a existência de diferentes formas da visão de cores (Mollon, Bowmaker & Jacobs, 1984; Jacobs & Neitz, 1987). Nas amostras testadas do *S. sciureus*, ocorreram 06 fenótipos: três dicromatas e três tricromatas. Todos os machos e as fêmeas homozigotas com relação a um gene do cromossoma X (que codifica fotopigmentos com sensibilidade espectral na faixa vermelho/verde) eram dicromatas. A visão tricromática apareceu apenas nas fêmeas heterozigotas.



Esta observação reforçou a hipótese de que variações na visão de cores humana, como o daltonismo, seriam atávicas e estimulou o interesse na visão de cores em macacos do Novo Mundo. Estudos realizados no *Callithrix jacchus* e no *Saguinus fuscicollis*, outras espécies de platirrinos amplamente investigadas, apoiaram a idéia de um polimorfismo da visão de cores, caracterizado pelo dicromatismo obrigatório nos machos. Contrastando com este quadro, todos os machos de macacos do Velho Mundo possuíam uma visão tricromática (revisão em Jacobs, 1998). Contudo, pesquisas recentes demonstram a presença de dicromatismo em machos de macacos do Velho Mundo (Onishi et al., 1999). Por outro lado, o dicromatismo obrigatório em machos de platirrinos não é universal. Em adição ao importante fato de que nós permanecemos ignorantes com relação à visão de cores de um número considerável de espécies de platirrinos (Jacobs, 1998), cinco variações neste tema foram identificadas: a visão monocromática do *Aotus trivirgatus* (Jacobs et al., 1993) e as visões tricromáticas de *Saguinus oedipus oedipus* (Savage, Dronzek & Snowdon, 1987), de *Alouatta seniculus* e *A. caraya* (Jacobs et al., 1996) e de *Cebus apella* (Pessoa et al., 1997, 1999).

Considerando que as investigações mais completas, em cebídeos, foram realizadas em *Saimiri sciureus*, que apresenta um dicromatismo obrigatório em machos, estudos discriminativos de cores em outras espécies de *Saimiri* podem gerar contribuições importantes para uma melhor compreensão da questão do polimorfismo neste gênero, assim como nos demais macacos do Novo Mundo. No sentido de contribuir para este tópico, o presente estudo relata dados obtidos sobre a situação semi-natural de discriminação de cores no *Saimiri ustus*. A maior parte do que conhecemos sobre a natureza da visão de cores vem de estudos laboratoriais, nos quais o mundo visual consiste de luzes monocromáticas, abruptamente ligadas e desligadas (Jacobs, 1998). Ocorre que a visão de cores, no mundo natural, é uma situação bem mais complexa do que aquela estudada nas condições artificiais onde as cores são visualizadas em um contexto espacial e temporal variado. No que diz respeito ao seu significado natural, a visão tricromática teria, para os primatas consumidores de frutos, a função de ajudá-los na detecção de um fruto maduro (tipicamente amarelo ou laranja) imerso em uma folhagem verde. Assim, em nossos estudos comportamentais com o *Saimiri ustus*, procuramos utilizar estímulos mais próximos destes requisitos naturais.

## MÉTODOS

### Sujeitos

Foram utilizados 02 adultos, com aproximadamente 09 anos de idade, da espécie *Saimiri ustus* (01 macho e 01 fêmea), originários de Rondônia e mantidos

em grupo de 4 sujeitos (2 machos e 2 fêmeas), há sete anos, no Centro de Primatologia da UnB. As condições de manutenção dos animais, em viveiros, estiveram de acordo com as normas estabelecidas pelo IBAMA. Os animais foram testados em seu próprio viveiro, evitando-se, assim, o estresse da captura, transporte e restrição e, possivelmente, otimizando o desempenho comportamental.

### **Equipamento**

Os sujeitos foram testados, utilizando uma versão do Wisconsin General Test Apparatus (Harlow & Bromer, 1938). O equipamento foi constituído de uma mesa portátil, de acrílico branco, medindo 30 x 15 cm, com canaletas laterais. A superfície da mesa continha dois compartimentos (3 x 1,5 cm) espaçados em 20 cm um do outro, destinados a alojar o reforço (1/4 de uva). Mãos francesas fixadas à grade do viveiro permitiam o acoplamento da mesa através das canaletas laterais.

Os estímulos foram dispostos em cubos de acrílico preto que possuíam uma gaveta onde os papéis de Munsell eram inseridos e trocados a cada tentativa de teste. Na face superior, os cubos possuíam uma janela que permitia ao sujeito a visualização dos estímulos. Um anteparo de acrílico preto era interposto entre o sujeito e a mesa, impedindo-o de observar os estímulos durante o intervalo entre as tentativas de teste.

### **Estímulos**

Os estímulos consistiram de papéis de Munsell (Munsell, 1966). Nesse sistema de notação, a cor é especificada pelo seu matiz (um número e letras) e níveis de brilho sobre saturação (por ex., 2.5YR4/6 é a notação correspondente a um "Yellow Red" 2.5 com brilho 4 e saturação 6). Experimentos onde 06 humanos daltônicos diagnosticados pelo Teste de Ishihara como protans (02), e deutans (04), agruparam e seqüenciaram papéis de Munsell, permitiram escolher pares de estímulos que estavam em pontos de confusão espectral destes indivíduos. Para exemplificar, os 02 indivíduos protans selecionaram o par 2.5YR n/14 (cor laranja) e 7.5GY n/10 (cor verde) como estímulos muito semelhantes, ao passo que os 04 deutans selecionaram o par 10YR n/10 (cor amarela) e 5GY n/10 (cor verde). No presente estudo, fizeram parte do conjunto de testes, 02 pares de difícil discriminação pelos protans e 01 par de difícil discriminação pelos deutans. Para cada matiz utilizada, o brilho nominal foi de 4, 5, 6, 7 ou 8. Entre os pares, a saturação variou de 4 a 10.

### **Procedimento**

Os animais foram treinados num teste de aprendizagem discriminativa de cores envolvendo dois elementos. Inicialmente, na fase de modelagem

comportamental, colocava-se o reforço embaixo de cada cubo, sob a visualização do sujeito. Nesta situação, qualquer resposta de afastar um dos cubos, resultava na obtenção do reforço. Após cinco tentativas bem sucedidas de levantar o cubo e obter o reforço, o animal, passava para a fase de treino. Nesta, um dos estímulos foi definido como sendo o estímulo discriminativo positivo (SD+), aquele cuja escolha levaria à obtenção do reforço. A escolha do outro estímulo (SD-) não produzia conseqüências para o animal. A apresentação do SD+ ocorria aleatoriamente à direita ou à esquerda do sujeito. O anteparo era colocado entre o animal e os estímulos. Decorridos 10 segundos, levantava-se o anteparo e registrava-se a resposta do sujeito. O critério de aprendizagem para esta fase era o animal escolher dez tentativas corretas em dez tentativas consecutivas.

Após esta última etapa, os sujeitos foram submetidos a um procedimento de discriminação de cores em que o SD+, em cada sessão experimental, foi pareado com uma matiz diferente (o SD-). Todas as matizes, incluindo o SD+, foram apresentadas com quatro valores diferentes de brilho. Como as combinações de brilho foram aleatórias, ocorreram situações em que o SD+ possuía brilho igual, superior ou inferior ao SD-. Tais condições de teste permitem verificar se o animal está realmente fazendo discriminação baseada no atributo matiz ou brilho (Savage, Dronzek e Snowdon, 1987). Cada par de estímulos, por animal, foi testado em uma única sessão, com duração média de sessenta minutos. Os percentuais de acertos em cada sessão, constituída de 64 tentativas cada, foram calculados. O teste binomial foi utilizado para construir os limites de confiança de 95% sobre o desempenho aleatório, baseado no número de tentativas de teste. O limite superior para os julgamentos corretos ficou em 63%. O desempenho acima deste limite foi considerado significativo ( $p < 0,025$ ). As sessões experimentais foram realizadas entre às 12-14 horas, três vezes por semana. A coleta de dados foi realizada durante dez meses.

## RESULTADOS

A Figura 1a apresenta os desempenhos, em percentuais de acertos, dos sujeitos, na discriminação de pares em que o estímulo discriminativo SD+ foi o 2.5 YR n/14 e o SD- foi, em seqüência, o 5B n/6, o 10BG n/6, o 7.5GY n/10 e o 7.5P n/8. O valor "n" significa variação aleatória de brilho (4 a 8). Cada par foi apresentado em uma única sessão. É importante enfatizar que os dois sujeitos foram submetidos à mesma ordem de pares de estímulos e que lhes foi fornecido o mesmo número de tentativas em cada sessão. A análise do gráfico permite afirmar que, à exceção do ponto 7.5GY, que representa o par 2.5YR (laranja) vs. 7.5GY (verde), os indivíduos possuem desempenhos acima do limite superior de 95% do intervalo de confiança ( $p < 0.025$ ). Contudo, o indivíduo macho, diferentemente da fêmea, exibe dificuldades em discriminar o referido par, apresentando um desempenho

abaixo deste limite. Este mesmo par é percebido, por indivíduos humanos protans, como cores muito semelhantes. Uma diferença similar, no desempenho dos indivíduos, pode ser observada na Figura 1b. Desta feita, o macho não consegue discriminar o par 7.5YR vs. 2.5G, também um ponto de confusão em humanos protans.

Quando os testes discriminativos envolveram um par de estímulos que é perceptualmente semelhante para um humano daltônico deutan, como é o caso do par 10YR n/10 vs. 5GY n/10 (Figura 1c), não ocorreram diferenças de desempenho entre o macho e a fêmea. Neste caso, os sujeitos não conseguiram discriminar este par.

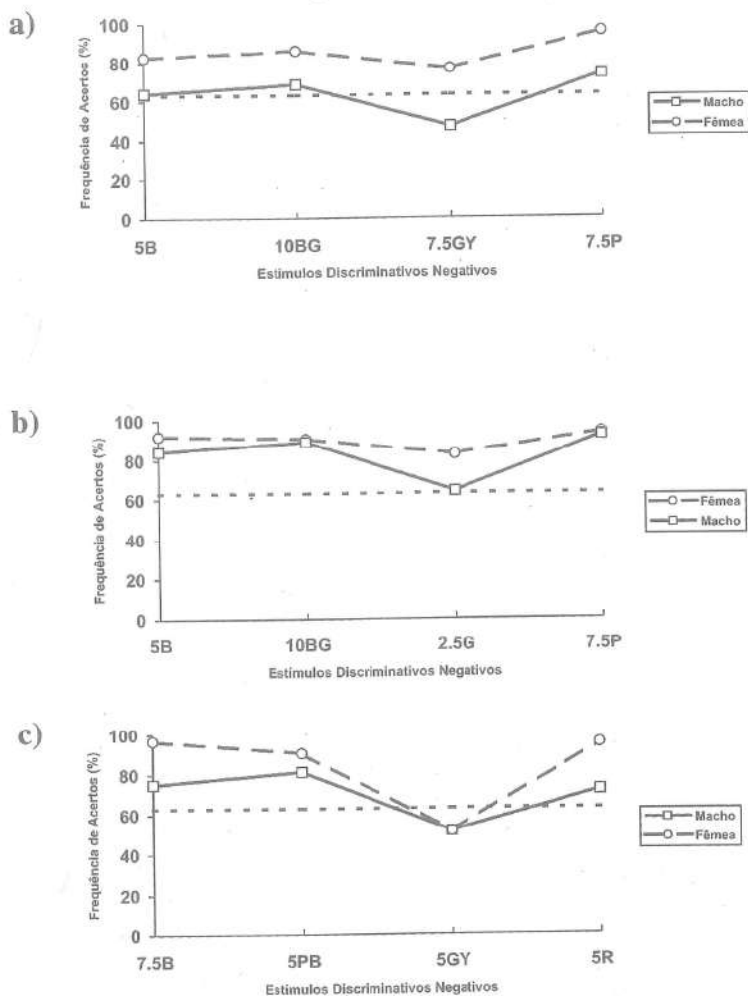


Figura 1. Discriminação simples de cores em *Saimiri ustus*, utilizando como estímulo discriminativo positivo a matiz 2.5YR n/14 (a), 7.5 YR n/10 (b) e 10YR n/10 (c). A linha horizontal tracejada indica o limite superior de 95% do intervalo de confiança para a discriminação de cores.

## DISCUSSÃO

Os resultados indicam que o sujeito macho não conseguiu discriminar três pares de estímulos, que são percebidos como semelhantes por seres humanos protans e deutans. Isto sugere que o indivíduo macho possui uma limitação perceptual na faixa vermelho-verde, semelhantemente a um dicromata. Embora a fêmea tenha demonstrado um desempenho não aleatório em dois pares testados, não conseguiu discriminar o par 10YR n/10 vs. 5GY n/10, indicando uma ausência de tricromatismo normal. Contudo, há necessidade de experimentos adicionais, com um número maior de pares, para se detalhar o tipo de visão de cores dos dois indivíduos.

As formas de visão de cores sugeridas em nossos experimentos, para o *Saimiri ustus*, encontram respaldo na literatura. Sabe-se que o polimorfismo da visão de cores, no *Saimiri sciureus*, é fundamentado na existência de um único locus no gene do cromossoma X, que codifica o fotopigmento que absorve na faixa vermelho-verde do espectro (Tové, 1993). Uma vez que os machos possuem apenas um cromossoma X, eles são obrigatoriamente dicromatas, pois irão combinar os sinais dos cones para o azul com os sinais de um único tipo de cone na faixa vermelho-verde. Esta situação cria dificuldades perceptuais quando o animal tem que discriminar cores na região considerada, como é o exemplo da cor laranja vs. verde (nos pares utilizados 2.5YR vs. 7.5GY, 7.5YR vs. 2.5G e 10 YR vs. 5GY). No caso das fêmeas, que possuem dois cromossomas X, os fenótipos são mais variados, abrigando a possibilidade de tricromatismo nas fêmeas heterozigotas (Mollon, Bowmaker & Jacobs, 1984). No sentido de comparar e correlacionar o desempenho comportamental de nossos animais, com os tipos de fotopigmentos presentes em seu sistema visual, estamos iniciando estudos de genética molecular no *S. ustus*.

Uma possível razão para a evolução do tricromatismo nos primatas é que a visão de cores é uma especialização para o forrageamento, particularmente para a detecção de frutos (Osorio & Vorobyev, 1998). A duplicação genética, produzindo dois loci que resultaram em dois fotopigmentos na faixa vermelho-verde, em um mesmo indivíduo, permitiu a detecção de frutos maduros (tipicamente amarelos e laranjas) inseridos na folhagem verde (Regan et al., 1998; Dulai et al., 1999). Apesar do *Saimiri* ingerir uma grande quantidade de insetos, particularmente nas estações secas (Mittermeier & Roosmalen, 1981), os frutos são parte importante das necessidades nutricionais destes animais, que são classificados como insetívoro-frugívoros (Rosenberger, 1992). De acordo com estas idéias, as fêmeas tricromatas do *Saimiri* estariam bem adaptadas para a detecção de frutos, mas o restante dos animais (cerca de 2/3 de todos os macacos e todos os machos) estariam em grande desvantagem no forrageamento dos frutos maduros (Jacobs, 1998). Se esta é uma conclusão correta, deveríamos esperar alguma variação consistente no estilo de forrageamento ou algum comportamento especializado que sobrepujasse as

limitações perceptuais para detecção de alguns alimentos.

Quando os micos-de-cheiro freqüentam árvores frutíferas de grande produção, eles especializam-se em figueiras produtivas que são escassas e com fenologia imprevisível. Neste caso, a baixa densidade e a falta de previsibilidade torna o custo da viagem excessivo. Em vez disso, estes animais são capazes de tirar vantagem do conhecimento que os *Cebus* possuem da localização das árvores frutíferas (Janson & Boinski, 1992). Associação interespecífica é um fenômeno comumente relatado entre primatas. Contudo, a associação mais comum e a única duradoura é aquela que envolve *Cebus apella* e *Saimiri* (Mittermeier & Roosmalen, 1981), sendo também descrita em várias regiões da América do Sul, como Brasil, Peru, Colômbia e Guiana (Freese & Oppenheimer, 1981). Sobre esta associação e sua possível vantagem para o forrageamento de frutos pelo *Saimiri* é bom ressaltar a possibilidade de uma visão de cores tricromática no *Cebus apella* (Pessoa *et al.*, 1997, 1999).

Em resumo, nossos resultados, ainda que com apenas dois sujeitos, sugerem fortemente que o mico-de-cheiro *Saimiri ustus* possui um polimorfismo da visão de cores semelhante ao seu congêneres *Saimiri sciureus*. Experimentos de discriminação de cores, utilizando outras matizes nos mesmos indivíduos, estudos de genética molecular e a extensão destas abordagens para outros indivíduos da espécie são necessários para uma análise mais aprofundada e detalhada da visão de cores no *S. ustus*.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES/DAAD pelo suporte financeiro. Ao Prof. Vanner Boere e Raimundo Oliveira pela assistência veterinária, e a Washington Vargas pelo cuidado com os animais. Ao IBAMA e ao CESPE-UnB pelo apoio ao Centro de Primatologia

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOV, I. & GORDON, J. 1994. Color appearance: on seeing red-or yellow, or green, or blue. *Ann. Rev. Psychol.*, 45: 451-485.
- DULAI, K. S., BOWMAKER, J. K., MOLLON, J. D. & HUNT, D. M. 1994. Sequence divergence, polymorphism and evolution of the middle-wave and long-wave pigment genes of Great Apes and Old World monkeys. *Vision Res.*, 34:2483-2492.
- DULAI, K. S., DORNUM, M., MOLLON, J. D. & HUNT, D. M. 1999. The evolution of trichromatic color vision by opsin gene duplication in New World and Old World primates. *Gen. Res.*, 9: 629-638.
- FREESE, C. H. & OPPENHEIMER, J. R. 1981. The capuchin monkeys, genus *Cebus*. In: A. F. Coimbra-Filho & R. A. Mittermeier (Eds.). *Ecology and Behavior of Neotropical Primates* Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p.331-390.

- HARLOW, H. & BROMER, J. 1938. A test-apparatus for monkeys. *Psychol. Rev.*, 19: 434-438.
- JACOBS, G. H. 1974. Vision in squirrel monkeys: physiological and psychophysical evidence of sex-related differences. *Physiologist*, 17: 254.
- JACOBS, G. H. 1993. The distribution and nature of colour vision among the mammals. *Biol. Rev.*, 68: 413-471.
- JACOBS, G. H. 1998. A perspective on color vision in platyrrhine monkeys. *Vision Res.*, 38: 3307-3313.
- JACOBS, G. H., DEEGAN, II J. F., NEITZ, J. A., CROGNALE, M. A. & NEITZ, M. 1993. Photopigments and color vision in the nocturnal monkey, *Aotus*. *Vision Res.*, 33: 1773-1783.
- JACOBS, G. H. & NEITZ, J. 1987. Inheritance of color vision in a New World monkey (*Saimiri sciureus*). *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 84:2545-2549.
- JACOBS, G. H., NEITZ, M., DEEGAN, II J. F. & NEITZ, J. 1996. Trichromatic colour vision in New World monkeys. *Nature*, 382: 156-158.
- JANSON, C. H. & BOINSKI, S. 1992. Morphological and behavioral adaptations for foraging in generalist primates: the case of cebines. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 88: 483-498.
- MITTERMEIER, R. A., & ROOSMALEN, M. J. M.. 1981. Preliminary observations on habitat utilization and diet in eight surinam monkeys. *Folia Primatol.*, 36: 1-39.
- MOLLON, J. D., BOWMAKER, J. K. & JACOBS, G. H. 1984. Variations of colour vision in a New World primate can be explained by polymorphism of retinal photopigments. *Proc. Royal Soc. London Biol.*, 222:373-399.
- MUNSELL Book of Color. 1966. Munsell Color Company, Inc. Baltimore, Maryland, USA.
- ONISH, A., KOIKE, S., IDA, M., IMAI, H., SHICHIDA, Y., TAKENAKA, O., HANAZAWA, A., KONATSU, H., MIKAMI, A., GOTO, S., SURYOBROTO, B., KITAHARA, K. & YAMAMORI, T. 1999. Dichromatism in macaque monkeys. *Nature*, 402: 139-140.
- OSORIO, D. & VOROBYEV, M. 1996. Colour vision as an adaptation to frugivory in primates. *Proc. Royal Soc. London, Ser. B*, 263: 593-599.
- PESSOA, V. F., TAVARES, M. C. H., AGUIAR, L., GOMES, U. R. & TOMAZ, C. 1997. Color vision discrimination in the capuchin monkey *Cebus apella*: evidence for trichromaticity. *Behav. Brain Res.*, 34: 427 - 431.
- PESSOA, V. F., TAVARES, M. C. H., TOMAZ, C., GOMES, U. R., PESSOA, D. M. A. & AGUIAR, L. A. 1999. Color perception in the capuchin monkey, *Cebus apella*: A study using the Ishihara test. *Neotrop. Primates*, 7: 125-127.
- REGAN, B. C., JULLIOT, C., SIMMEN, B., VIÉNOT, F., CHARLES-DOMINIQUE, P. & MOLLON, J. D. 1998. Frugivory and colour vision in *Alouatta seniculus*, a trichromatic platyrrhine monkey. *Vision Res.*, 38: 3321-3327.
- ROSENBERGER, A. L. 1992. Evolution of feeding niches in New World monkeys. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 88: 525-562.
- SAVAGE, A., DRONZEK, L. A. & SNOWDON, C. T. 1987. Color discrimination by the cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus oedipus*) and its relation to fruit coloration. *Folia Primatol.*, 49:57-69.
- TOVÉE, M. J. 1993. Colour vision in New World monkeys and the single-locus X-chromosome theory. *Brain Behav. Evol.*, 42:116-127.





## DISCRIMINAÇÃO DE CORES NO MACACO-PREGO (*CEBUS APELLA*): EVIDÊNCIA DE TRICROMATISMO COMPORTAMENTAL

ÚRSULA R. GOMES, MARIA CLOTILDE H. TAVARES,  
CARLOS TOMAZ & VALDIR F. PESSOA

Centro de Primatologia e Departamento de Ciências Fisiológicas, Universidade  
de Brasília, CEP: 70.910-900, Brasília – DF, Brasil

### RESUMO

Alguns macacos do Novo Mundo apresentam um polimorfismo da visão de cores caracterizado por um dicromatismo obrigatório nos machos. Para o gênero *Cebus*, os resultados são ainda contraditórios. O propósito deste estudo foi o de investigar a percepção de cores em dois macacos-pregos machos (*Cebus apella*) por meio da discriminação de papéis coloridos de Munsell com variação aleatória de brilho. Os sujeitos testados foram capazes de alcançar o critério de aprendizagem dentro de, no máximo, 223 tentativas, em cada problema discriminativo apresentado durante os procedimentos de aprendizagem simples e reversa. Estes dados contrastam com a hipótese, fundamentada em estudos de genética molecular, onde *Cebus* machos são dicromatas. Contudo, há algumas situações que demonstram que dicromatas ligados ao cromossoma X não mostram deficiências de desempenho na faixa vermelho-verde. Participação dos bastonetes, densidades diferentes da mesma classe de fotopigmento e processamento após o nível dos receptores, por exemplo, podem fornecer as bases fisiológicas para um tricromatismo comportamental em uma retina dicromática, pelo menos nas condições testadas em nossos experimentos.

**Palavras-chave:** Visão de cores, macaco-prego, *Cebus apella*, tricromatismo, papel de Munsell

### ABSTRACT

**Color discrimination in the capuchin monkey (*Cebus apella*): behavioral evidence of trichromatism.** Some New World monkeys present a color vision polymorphism characterized by an obligatory dichromatism in males. For *Cebus* monkeys, results are still contradictory. The purpose of this study was to investigate further the ability of two male tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*) in a discrimination task using Munsell color chips which had random variation in brightness. Both subjects were able to reach criterion within a maximum of 223

trials on every discrimination problem presented during original and reversal learning procedures. These results contrast with the view, originating from molecular genetic studies, that *Cebus* males are dichromatic. However, there are a number of situations demonstrating that X chromosome linked dichromats do not show a performance deficit in the red-green range. Rod intrusion, different densities of the same photopigment class and post-receptor processing, for instance, could provide the physiological basis for a behavioral trichromatism in a dichromatic retina, at least for the conditions tested in our experiments.

**Keywords:** Color vision, capuchin monkey, *Cebus*, trichromatism, Munsell chip

## INTRODUÇÃO

A capacidade de perceber cores varia amplamente entre os animais e a tentativa de compreender esta diversidade é um dos temas clássicos na pesquisa visual (Jacobs, 1998). Entre os mamíferos, os primatas são os únicos animais que possuem visão de cores tricromática (Dulai *et al.*, 1999). Nos humanos e nos macacos do Velho Mundo, o tricromatismo é baseado em três classes de fotoreceptores (cones) na retina, cada um contendo um pigmento visual diferente. Os picos espectrais dos três pigmentos visuais nos primatas estão nas regiões do violeta/azul, verde e amarelo/vermelho do espectro. Uma situação muito diferente caracteriza os macacos do Novo Mundo. Em algumas espécies de calitriquídeos e de cebídeos foi descrito um polimorfismo da visão de cores, com a presença de seis fenótipos, compreendendo três formas de tricromatismo e três formas de dicromatismo. Os machos destas espécies seriam obrigatoriamente dicromatas (revisão em Jacobs, 1998). A hipótese genética que foi desenvolvida para explicar esta distribuição (Tovée, 1993), considera a existência de apenas um locus no gene do cromossoma X, que codificaria um determinado fotopigmento com absorção preferencial na faixa vermelho-verde do espectro. Este locus teria três alelos, com possibilidades de codificar três formas do pigmento. No caso dos machos, que possuem apenas um cromossoma X, só poderiam expressar os três fenótipos dicromatas. Neste sentido, variações existentes na visão de cores entre os macacos do Novo Mundo podem fornecer elementos para compreender a evolução da visão de cores dos primatas.

Uma outra motivação para a realização de estudos da visão de cores em platirrinos é a sua dependência, em diferentes graus e de acordo com disponibilidades sazonais, de um hábito fundamentalmente frugívoro (Rosenberger, 1992). Neste contexto, a detecção de um fruto maduro à distância, envolto em uma folhagem verde que varia aleatoriamente de brilho, representaria uma situação de difícil discriminação para um dicromata (Regan *et al.*, 1998; Caine & Mundy, 2000). Na verdade, algumas árvores neotropicais que possuem frutos grandes e de pericarpo resistente podem depender de primatas para a sua disseminação. Como os primatas

podem depender dos frutos destas árvores para sua alimentação, postula-se uma co-evolução entre as refletâncias espectrais dos frutos e a visão de cores dos platirrinos (Osorio & Vorobyev, 1996; Regan *et al.*, 1998; Summer & Mollon, 2000).

Embora pistas olfativas pareçam ter um papel secundário às visuais no julgamento da palatabilidade de alimentos coloridos (Laska & Metzker, 1998), a definição conceitual do amadurecimento de um fruto pode resultar da convergência de pistas sensoriais. Assim, apesar da cor fornecer um sinal importante no reconhecimento à distância de um fruto maduro, a ingestão e seleção final do fruto pode ser fundamentada em pistas olfativas e texturais, reforçadas por informações gustativas (Dominy & Lucas, 2000).

No caso dos cebídeos, o dicromatismo obrigatório dos machos do *Saimiri sciureus*, documentado por diferentes abordagens experimentais (e.g. Mollon *et al.*, 1984; Bowmaker *et al.*, 1987), contrasta com a situação do *Cebus*, onde há divergência de resultados. A Tabela 1 sumariza os resultados referentes ao tricromatismo dos machos em algumas espécies de *Cebus*.

Tabela 1 - Sumário dos estudos de visão de cores em *Cebus apella*

Espécie	Técnica	Evidência de tricromatismo		Referência
		em machos		
<i>Cebus albifrons</i> e <i>Cebus griseus</i>	C	SIM		Gunter et al, 1965
<i>Cebus apella</i>	C, ERG	NÃO		Malmo e Grether, 1947;
<i>Cebus apella</i>	C	SIM		Jacobs e Neitz, 1987
<i>Cebus griseus</i>	C	SIM		Ptito et al., 1973
<i>Cebus nigrivittatus</i>	G	NÃO		Leporé et al., 1975
				Shyue et al., 1998

C: comportamental; ERG: eletroretinografia; G: genética molecular

O estudo da discriminação cromática do *Cebus apella*, um animal de hábitos diurnos, que ocupa nichos ecológicos distintos (Mittermeier & Roosmalen, 1981), predominantemente frugívoro mas um forrageador versátil (Rosenberger, 1992; Janson & Boinski, 1992) e com um rico e complexo repertório comportamental (Antinucci & Visalberghi, 1986), poderá trazer contribuições para o conhecimento sobre a evolução da visão de cores e o seu significado adaptativo. Com o objetivo de contribuir para uma melhor compreensão desta questão, iniciamos uma linha de pesquisa no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília sobre a capacidade de visão de cores nesta espécie. Testes de aprendizagem discriminativa, em dois sujeitos machos, com estímulos do sistema de cores de Munsell (Pessoa *et al.*, 1997) e com pranchas pseudoisocromáticas de Ishihara (Pessoa *et al.*, 1999) sugeriram que machos desta espécie apresentam um tricromatismo. Contudo, no estudo com papéis de Munsell não foi afastada a possibilidade dos animais utilizarem pistas de brilho para realizarem as discriminações (Pessoa *et al.*, 1997; 1999). Dando continuidade a esta linha de

investigação, o presente trabalho descreve um conjunto de estudos com uma metodologia comportamental semelhante, nos mesmos indivíduos, mas com situações em que os pares de papel de Munsell, além de terem sido selecionados em experimentos com daltônicos humanos, apresentaram variação aleatória de brilho.

## MÉTODOS

### Sujeitos

Foram utilizados dois indivíduos machos da espécie *C. apella*, adultos jovens e experientes em tarefas de aprendizagem discriminativa de cores. Os animais foram mantidos em casais no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília. A dieta básica, fornecida uma vez ao dia (entre 08:00 e 09:00 h), foi constituída de frutas frescas, legumes, raízes, ração balanceada, tenébrios e complementos vitamínicos. A água foi fornecida *ad libitum*. As condições de manutenção dos animais estiveram de acordo com as normas estabelecidas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA.

Baseando-se na informação que animais removidos para serem testados em novos ambientes revelam um baixo desempenho (Savage *et al.*, 1987), todos os sujeitos foram testados em seu próprio viveiro, tendo sido evitado portanto, o estresse da captura, transporte e restrição.

### Equipamento

Os sujeitos foram testados utilizando uma versão do *Wisconsin General Test Apparatus* (Harlow & Bromer, 1938). Este constituiu-se de uma mesa portátil montada à frente do viveiro do animal, onde se manipulam os estímulos, e um anteparo para impedir que os sujeitos observem os estímulos durante o intervalo entre as tentativas de teste.

### Procedimento

Os sujeitos foram treinados num teste de aprendizagem discriminativa (simples e reversa) envolvendo dois elementos. Cubos de acrílico de mesmo peso e dimensões, com a face superior vazada, foram utilizados como porta-estímulos. Os estímulos foram dispostos pelo experimentador numa mesa à frente do viveiro do animal de modo que ele poderia alcançá-los passando uma das patas por entre a grade que delimita o viveiro. Os sujeitos não foram submetidos à privação alimentar, porém durante a realização das sessões o acesso à alimentação não era permitido.

Um pedaço de uva (estímulo reforçador, SR) foi colocado embaixo de apenas

um dos cubos previamente definido como sendo o estímulo discriminativo positivo (SD+). O outro cubo foi, portanto, o estímulo discriminativo negativo (SD-). Foi apresentado ao sujeito um número variável de tentativas nas quais o SD+ ocorreu à direita ou à esquerda do animal, segundo uma tabela de aleatoriedade de Gellerman. A tarefa do sujeito consistia em identificar o estímulo que continha o reforço, demonstrando, neste caso, uma correta discriminação das cores testadas. O levantamento do estímulo correto permitia o acesso ao reforço. Após cinco tentativas consecutivas bem sucedidas de levantar o cubo (SD+) e obter o SR por parte do sujeito, passava-se para o próximo passo. Neste, um anteparo foi colocado entre o animal e a mesa dos estímulos. Decorridos 10 segundos, o anteparo era levantado e registrava-se a resposta do sujeito. Esta fase era encerrada quando o animal escolhia acertadamente nove tentativas nas últimas dez realizadas (critério de aprendizagem). Este teste referiu-se à aprendizagem simples. Após esta etapa, os sujeitos foram submetidos a um procedimento de aprendizagem reversa, onde o estímulo previamente definido como SD+ passava a ser SD- e vice-versa. Esta fase também era encerrada quando o sujeito atingia o critério de nove respostas corretas num conjunto de dez tentativas. Este procedimento foi repetido para cada par de estímulos testado.

As sessões experimentais foram realizadas três vezes por semana entre 14:00 h e 16:00 h, sob iluminação natural. A duração máxima de cada sessão era de 01:00 h ou a mesma poderia ser suspensa antes, caso o animal deixasse de responder por um período de 10 minutos.

### Estímulos

Os estímulos consistiram de papéis de Munsell (Munsell, 1966). O sistema de Munsell possui uma notação onde a cor é especificada pelo seu matiz (um número e a letra inicial da cor correspondente) e uma fração que representa níveis de brilho sobre saturação (por ex., 2.5YR 4/6 é a notação correspondente a um "Yellow Red" 2.5 com brilho 4 e saturação 6). Experimentos de formação de conjuntos e sequenciamento de papéis de Munsell por seis humanos daltônicos (dois protans e quatro deutans) permitiram escolher oito pares de estímulos que estavam em pontos de confusão destes indivíduos. Para exemplificar, dois indivíduos diagnosticados pelo teste de Ishihara, como daltônicos protans, selecionaram o par 2.5YR 4/14 (um laranja puro ou saturado) e 7.5GY 4/10 (um verde saturado) como estímulos muito semelhantes. Cada par foi apresentado com variação aleatória de brilho.

## RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta um sumário do desempenho individual dos animais nos testes com papéis de Munsell. Como pode ser observado, os sujeitos foram capazes de atingir o critério de aprendizagem nas condições testadas, com um

número máximo de 223 tentativas. É importante ressaltar que este número, heterogêneo para cada sujeito, reflete o somatório das tentativas de todas as sessões experimentais necessárias para o animal alcançar o critério de aprendizagem. Contudo, em várias situações, o animal conseguiu este critério em uma única sessão. Provavelmente, isto reflete condições adequadas de aprendizagem, com uma ótima motivação, uma vez que os sujeitos não foram removidos de seus ambientes, nem foram privados. É também importante assinalar que, apesar da heterogeneidade dos valores referentes ao número de tentativas, a realização da aprendizagem reversa, (situação em que o estímulo discriminativo positivo passa a ser negativo e o negativo, positivo), é um procedimento que adiciona um grau adicional de confiabilidade nos resultados (Burešová & Bureš, 1983). A ordem de apresentação dos pares, na Tabela 2, representa a seqüência de apresentação dos estímulos.

Desta forma, os resultados deste estudo corroboram aqueles obtidos anteriormente, utilizando-se o sistema de Munsell (Pessoa *et al.*, 1997), no qual os animais apresentaram um desempenho compatível com uma percepção tricromática.

Tabela 2. Sumário do desempenho dos *Cebus apella* (Túlio e Edmundo) em testes de visão a cores, com aprendizagem simples (S) e reversa (R), utilizando pares de papel de Munsell selecionados por daltônicos humanos protans (P) e deutans (D) e com variação aleatória de brilho (n).

Pares de cores	Número de tentativas para atingir o critério de aprendizagem	
	Túlio S-R	Edmundo S-R
7.5B n/4 vs. 2.5P n/6 (P)	62-16	211-23
2.5G n/10 vs. 7.5YR n/8 (P)	30-60	65-32
2.5YR n/14 vs. 7.5GY n/10 (P)	43-58	30-73
5GY n/10 vs. 10YR n/10 (D)	86-29	223-93
10B n/10 vs. 7.5PB n/12 (D)	32-112	108-13
7.5B n/6 vs. 5P n/6 (D)	49-46	75-12
2.5BG n/8 vs. 7.5R n/6 (P)	70-158	95-105
5P vs. 10B n/6 (D)	162-86	107-40

## DISCUSSÃO

Nossos experimentos sugerem que *C. apella* comporta-se como tricromata. Tais resultados são conflitantes com outros relatos. Shyue et al. (1998), por exemplo, sequenciaram, no *C. nigrivittatus*, os éxons de três alelos de um gene do cromossoma X, responsáveis pelo polimorfismo da visão de cores nesta espécie. Se a visão do *C. apella* é realmente tricromática, significa que esta espécie constitui uma exceção ao quadro geral da visão de cores nos macacos do Novo Mundo. Na verdade, quatro exceções já foram identificadas: a visão acurada de cores de todo o espectro visível no *Saguinus oedipus oedipus* (Savage et al., 1987), a visão monocromática do *Aotus trivirgatus* (Jacobs et al., 1993) e a visão tricromática do *Alouatta seniculus* e *A. caraya* (Jacobs et al., 1996).

A heterogeneidade do número de tentativas, em cada indivíduo, e entre ambos os sujeitos testados, no presente trabalho, é característica do tipo de abordagem utilizada. Em estudos semelhantes, de aprendizagem discriminativa simples de cores no *C. albifrons* e no *C. griseus*, realizados por Gunter et al. (1965), também foi revelada uma heterogeneidade intra- e interindividual dos números de tentativas necessárias para alcançar o critério de aprendizagem. Esta variação alcançou, em um sujeito, a faixa de 20 a 420 tentativas. No presente trabalho, além de se ter realizado a aprendizagem reversa para cada par testado, o número máximo de tentativas encontrado foi de 223.

Por outro lado, é possível que a discriminação com papéis de Munsell, tal como utilizada em nosso estudo, não tenha sido adequada para revelar uma visão dicromática. Experimentos de aprendizagem discriminativa, com os mesmos pares de papéis de Munsell utilizados no presente estudo, foram realizados pelo nosso grupo no *Saimiri sciureus* e no *Saguinus midas niger* (Pessoa et al., "A Primatologia no Brasil" Vol. 8, neste volume). Os resultados preliminares sugerem um dicromatismo nos sujeitos machos testados e demonstram a eficiência da metodologia utilizada. Contudo, devido a um elevado número de sessões necessárias para alcançar o critério de aprendizagem, nestas duas últimas espécies, chegando a 650 tentativas (em contraste com o *C. apella* que apresentou um máximo de 223), o protocolo experimental foi ajustado. Desta forma, cada sessão continha um número constante e pré-definido de tentativas. Isto possibilitou representar os resultados em termos de porcentuais de acertos e comparar diferenças sutis no grau de dificuldade no desempenho dos animais nas várias discriminações. Sendo assim, investigações complementares, utilizando este novo protocolo, podem ser de grande valia para a confirmação dos resultados aqui apresentados.

Estudos de genética molecular, para a identificação dos fotopigmentos em nossos animais, e sua comparação com os resultados comportamentais também estão sendo iniciados, embora a presença de um tricromatismo comportamental

seja compatível com a existência de um dicromatismo genético, i.e., um dicromatismo de fotopigmentos. Isto pode ser explicado porque a percepção de cores é bem mais complexa do que a simples presença de receptores (cones) no aparato visual (Abramov & Gordon, 1994). Os bastonetes, por exemplo, produzem vários efeitos importantes na percepção de cores que desafiam esforços para construir modelos gerais da visão de cores. Há circunstâncias nas quais o envolvimento de bastonetes pode melhorar a discriminação cromática de observadores com deficiências de cores (Paramei *et al.*, 1998). Isto talvez explique o fato de que, com campos de visão maiores que três graus, muitos dicromatas exibem tricromacia em pareamento de cores e as nomeiam em acordo com observadores tricromatas normais. Ademais, estudos psicofísicos recentes (Neitz *et al.*, 1999) demonstram que discriminações vermelho-verde podem ser realizadas em indivíduos cujos pigmentos, na faixa vermelho-verde do espectro, possuem o mesmo pico de absorção e que diferem apenas na densidade óptica (traduzidas como diferenças no comprimento do segmento externo dos fotoreceptores ou alterações na concentração do pigmento ou, ainda, alterações na eficiência de captura de fótons).

É importante também considerarmos a função que a visão de cores possui na ecologia alimentar. Embora o *C. apella* seja um forrageador extremamente versátil, explorando recursos não acessíveis a outras espécies de primatas, em ocasiões de disponibilidade, ele compõe sua dieta com mais de 60% de frutos maduros (Mittermeier & Roosmallen, 1981). Uma visão tricromática, neste caso, seria extremamente útil no forrageamento de frutos maduros (Regan *et al.*, 1998). Alternativamente, existe uma correlação direta entre estratégias alimentares e cognição. Uma possível razão para o sucesso adaptativo do *C. apella* pode advir da coexistência entre uma percepção tricromática e uma memória visuo-espacial elaborada. Estudos nesta espécie têm demonstrado uma capacidade de memória bastante desenvolvida (Tomaz *et al.*, 1999), um alto nível de habilidades na resolução de problemas (Antinucci & Visalberghi, 1986), um alto coeficiente de encefalização, e um dos padrões mais complexos de sulcos cerebrais dentre os platirrinos (Hershkovitz, 1977). Um cérebro complexo seria necessário para a integração de tempo e espaço em um mapa mental de fontes alimentares. Desta maneira, a memória visuo-espacial do *C. apella* juntamente com uma percepção tricromática, ajudaria na exploração das fontes alimentares disponíveis e na localização das árvores frutíferas na complexa matriz da vegetação.

#### AGRADECIMENTOS

À CAPES/PROBAL/DAAD (Proc.058/98) e ao CNPq pelo suporte financeiro. A Raimundo Oliveira pela assistência veterinária, e a Washington Vargas



pelo cuidado com os animais. Ao IBAMA e ao CESPE-UnB pelo apoio ao Centro de Primatologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOV, I. & GORDON, J. 1994. Color appearance: on seeing red-or yellow, or green, or blue. *Ann. Rev. Psychol.*, 45: 451-485.
- ANTINUCCI, F. & VISALBERGHI, E. 1986. Tool use in *Cebus apella*: a case study. *Int. J. Primatol.*, 7: 349-361.
- BOWMAKER, J. K., JACOBS, G. H. & MOLLON, J. D. 1987. Polymorphism of photopigments in the squirrel monkey : a sixth phenotype. *Proc. R. Soc. London Biol.*, 231:383-390.
- BUREŠOVÁ, O. & BUREŠ, J. 1983. Learning and memory. In: Techniques and basic experiments for the study of brain and behavior. J. Bureš, O. Burešová, & J. Huston eds., Elsevier, Amsterdam, pp 135-216.
- CAINE, N. G. & MUNDY, N. I. 2000. Demonstration of foraging advantage for trichromatic marmosets (*Callithrix geoffroy*) dependent on food colour. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 267: 439-444.
- DOMINY, N. J. & LUCAS, P. W. 2000. Chimpanzees and sensory cues for fig selection. 3<sup>rd</sup> International Symposium -Workshop on Frugivores and Seed Dispersal Biodiversity and Conservational Perspectives. Agosto 6-11, São Pedro, SP, Brasil, p113.
- DULAI, K. S., DORNUM, M., MOLLON, J. D. & HUNT, D. M. 1999. The evolution of trichromatic color vision by opsin gene duplication in New World and Old World primates. *Gen. Res.*, 9: 629-638.
- GUNTER, R., FEIGENSON, L. & BLAKESLEE, P. 1965. Color vision in the *Cebus* monkey. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 60:107-113.
- HARLOW, H. & BROMER, J. 1938. A test-apparatus for monkeys. *Psychol. Rev.* 19: 434-438.
- HERSHKOVITZ, P. 1977. Living New World monkeys (Platyrrhini) with an introduction to the primates. I. Chicago, IL.
- JACOBS, G. H. 1998. A perspective on color vision in platyrrhine monkeys. *Vision Res.*, 38: 3307-3313.
- JACOBS, G. H. & NEITZ, J. 1987. Polymorphism of the middle wavelength cone in two species of south american monkey : *Cebus apella* and *Callicebus molloch*. *Vision Res.*, 27:1263-1268.
- JACOBS, G. H., DEEGAN, II J. F., NEITZ, J. A., CROGNALE, M. A. & NEITZ, M. 1993. Photopigments and color vision in the nocturnal monkey, *Aotus*. *Vision Res.*, 33: 1773-1783.
- JACOBS, G. H., NEITZ, M., NEITZ, DEEGAN, J. F. & NEITZ, J. 1996. Trichromatic colour vision in New World monkeys. *Nature*, 382: 156-158.
- JANSON, C. H., & BOINSKI, S. 1992. Morphological and behavioral adaptations for foraging in generalist primates: the case of cebines. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 88: 483-498.
- LASKA, M. & METZKER, K. 1998. Food avoidance learning in squirrel monkeys and common marmosets. *Learn. Mem.*, 5: 193-203.

- LEPORÉ, F., LASSONDE, M., PTITO, M. & CARDU, B. 1975. Spectral sensitivity in a female *Cebus griseus*. *Percep. Mot. Skills*, 40:783-788.
- MITTERMEIER, R. A., & ROOSMALEN, M. J. M.. 1981. Preliminary observations on habitat utilization and diet in eight surinam monkeys. *Folia Primatol.*, 36: 1-39.
- MOLLON, J. D., BOWMAKER, J. K. & JACOBS, G. H. 1984. Variations of colour vision in a New World primate can be explained by polymorphism of retinal photopigments. *Proc. R. Soc. London Biol.*, 222:373-399.
- MUNSELL, A. H. 1966. *Munsell Book of Color*. Munsell Color Company, Baltimore, Maryland, USA.
- NEITZ, J., NEITZ, M., H. E, J. C. & SHEVEL, S. K. 1999. Trichromatic color vision with two spectrally distinct photopigments. *Nature Neurosc.*, 2: 884-888.
- OSORIO, D. & VOROBYEV, M. 1996. Colour vision as an adaptation to frugivory in primates. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 263: 593-599.
- PARAMEI, G. V., BIMLER, D. L. & CAVONIUS, C. R. 1998. Effect of luminance on color perception of protanopes. *Vision Res.*, 38: 3397-3401.
- PESSOA, V. F., TAVARES, M. C. H., AGUIAR, L., GOMES, U. R. & TOMAZ, C. 1997. Color vision discrimination in the capuchin monkey *Cebus apella*: evidence for trichromaticity. *Behav. Brain Res.*, 34: 427 - 431.
- PESSOA, V. F., TAVARES, M. C. H., TOMAZ, C., GOMES, U. R., PESSOA, D. M. A. & AGUIAR, L. A. 1999. Color perception in the south american monkey (*Cebus apella*); A study using the Ishihara test. *Neotrop. Primates*, 7: 125-127.
- REGAN, B. C., JULLIOT, C., SIMMEN, B., VIÉNOT, F., CHARLES-DOMINIQUE, P. & MOLLON, J. D. 1998. Frugivory and colour vision in *Alouatta seniculus*, trichromatic platyrrhine monkey. *Vision Res.*, 38: 3321-3327.
- ROSENBERGER, A.L. 1992. Evolution of feeding niches in New World monkeys. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 88: 525-562.
- SAVAGE, A., DRONZEK, L. A. E SNOWDON, C. T. 1987. Color discrimination by the cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus oedipus*) and its relation to fruit coloration. *Folia Primatol.*, 49:57-69.
- SHYUE, S. K., BOISSINOT, S., SCHNEIDER, H., SAMPAIO, I., SCHNEIDER, M. P., ABEE, C. R., WILLIAMS, L., HEWETT-EMMETT, D., SPERLING, H. G., COWING, J. A., DULAI, K. S., HUNT, D. M. & LI, W.H. 1998. Molecular genetics of spectral tuning in New World monkey color vision. *J. Molec. Evol.*, 46: 697-702.
- SUMMER, P. & MOLLON, J. D. 2000. Chromaticity as a signal of ripness in fruits taken by primates. *J. Exp. Biol.*, 203: 1987-2000.
- TOMAZ, C., TAVARES, M. C. H. & CALDAS, A. L. 2000. Memória operacional no macaco-prego (*Cebus apella*). C. Alonso (Ed.). In: *A Primatologia no Brasil - 7*, (in press).
- TOVÉE, M. J. 1993. Colour vision in New World monkeys and the single-locus X-chromosome theory. *Brain Behav. Evol.*, 42:116-127.

## INTERAÇÕES AGONÍSTICAS ENTRE GRUPOS DE SAGÜIS (*CALLITHRIX JACCHUS*): DEFESA DOS RECURSOS OU LOCALIZAÇÃO DE PARCEIROS SEXUAIS EXTRA GRUPO?

CARLA SORAIA S. DE CASTRO & ARRILTON ARAÚJO

Faculdade de Ciências, Cultura e Extensão do RN. Rua Orlando Silva, 2897 -

Capim Macio, Natal - RN, Cep: 59080-020

E-mail: c castro@facex.com.br e arrilton@cb.ufrn.br

### RESUMO

Várias espécies de primatas gastam uma considerável parcela de tempo e energia nas interações agonísticas entre grupos. Com o objetivo de investigar a função de tais interações foram testadas as hipóteses de defesa dos recursos alimentares, do par sexual e a localização de parceiros sexuais extra grupo no sagüi (*Callithrix jacchus*). O estudo foi realizado na Floresta Nacional (FLONA/IBAMA - RN). De 10/96 a 01/98 foram registradas a identidade dos participantes, os comportamentos agonísticos exibidos e a frequência das interações agonísticas, através do método de observação "behavior sampling" com registros de todas as ocorrências, em 3 grupos de sagüis (PL, QT e PB). Foram observados 2 tipos de interações agonísticas: a) entre grupos e b) de grupos com indivíduos intrusos. As interações entre grupos foram mais frequentes (N=278) do que aquelas de grupos com indivíduos intrusos (N=26). Indivíduos adultos e subadultos de ambos os sexos e posto reprodutivo participaram de tais interações. A vocalização foi o comportamento agonístico exibido mais frequentemente pelos grupos PL e QT, e o deslocamento com dorso arqueado pelo grupo PB. O número de interações agonísticas entre grupos não variou significativamente entre os meses secos e chuvosos, sugerindo que não ocorreu competição por recursos alimentares, uma vez que a variação na disponibilidade de frutos, na área do estudo, foi pequena e a goma esteve disponível o ano inteiro. No entanto, indivíduos reprodutores elevaram os níveis de agonismo na presença de indivíduos intrusos do mesmo sexo, corroborando a hipótese de defesa dos parceiros sexuais. Em contraste, indivíduos não reprodutores ou aqueles que se encontravam sem seus parceiros sexuais exibiram comportamentos afiliativos, como catação, para indivíduos intrusos do sexo oposto durante as interações de grupos com indivíduos intrusos. Tais indivíduos também apresentaram elevadas taxas de cópulas extra grupo durante ou nas pausas das interações entre grupos. Dois machos imigraram para o grupo PB. Um deles foi observado copulando com duas fêmeas adultas não-reprodutoras, do referido grupo, nos intervalos das interações

agonísticas entre grupos. Ao final do estudo tais fêmeas e esse macho ocuparam o posto de reprodutores. Isso reforça a hipótese de que para indivíduos não-reprodutores ou para aqueles que se encontram sem seus parceiros as interações entre grupos desempenham um importante papel na localização de parceiros sexuais extra grupo e oportunidades de reproduzir.

**Palavras chave:** Sagüi, *Callithrix jacchus*, interações agonísticas, cópulas extra-grupo

#### ABSTRACT

**Agonistic intergroup interactions in common marmosets (*Callithrix jacchus*): resource defense or extra-group mating opportunity?** Many species of primates spend a significant portion of time and energy in agonistic intergroup interactions. The aim of this study was to investigate the function of agonistic intergroup interactions in common marmoset (*Callithrix jacchus*). Hypotheses about defense of resources, defense of mates and finding extra-group mates were proposed. The study was carried out at National Forest (FLONA) in the state of Rio Grande do Norte – Brazil. Three common marmoset groups (PL, QT e PB) were observed from October/96 to January/98. The identity of individuals, agonistic behaviors, and frequency of agonistic intergroup interactions, were recorded by the all occurrence method. Two kinds of agonistic interactions were observed: a) intergroup interactions, and b) interactions between groups and intruder individuals. Agonistic intergroup interactions were more frequent (N=278) than those between groups and intruder individuals (N=26). Adult and subadult marmosets of both sexes and reproductive rank participated in these interactions. In the agonistic intergroup interactions vocalization was often displayed by groups PL and QT and arch-bristle movement was often displayed by group PB. The number of intergroup interactions did not change significantly between dry and wet months, suggesting that food competition was not present, because the variation in availability of fruits was small and gum was available for the whole year. However, breeding marmosets presented higher levels of agonistic behaviors to intruder individuals of the same sex, corroborating to defense of mates hypothesis. In contrast, non-breeding marmosets presented affiliative behaviors such as grooming during interactions between groups and intruder individuals. Non-breeding marmosets also presented high rates of extra-group copulations following or during an agonistic intergroup interaction. Two males from other groups immigrated into group PB. Before the immigrations at least one of them had been observed copulating (and mounting) with two non-breeding females from group PB during agonistic intergroup interactions. At end of the study these females and one of those males became breeding individuals. This reinforces the hypothesis that intergroup interactions play a important role in the location of mates and breeding opportunities outside of

their group for non-breeding marmosets.

**Key words:** Common marmoset, *Callithrix jacchus*, agonistic interactions, extra-group copulations

## INTRODUÇÃO

Grupos de primatas desenvolvem as atividades diárias dentro das suas respectivas áreas de vida. Nestas, existem locais que são de uso exclusivo do grupo residente. Tais locais, denominados de território, são defendidos por seus residentes contra grupos intrusos (Brown & Orians, 1970) através de interações agonísticas.

Algumas espécies de primatas evitam o contato com grupos vizinhos, enquanto que outras se comportam agonisticamente na presença destes. A maior parte das espécies de primatas gasta uma considerável parcela de tempo e energia nas interações agonísticas. Explicações para essas interações enfocam a defesa dos recursos alimentares ou do par sexual (Cheney, 1986), bem como a aquisição de um território para dividir com a prole (Tilson, 1981), e oportunidades de reproduzir ou emigrar com indivíduos de grupos vizinhos (Goldizen, 1986).

O comportamento de machos e fêmeas durante as interações agonísticas entre grupos está relacionado com o tipo de recurso que cada sexo tenta defender, estando diretamente envolvido com o sucesso reprodutivo em ambos os sexos. As fêmeas contribuem mais energeticamente na produção e criação da prole, tendo o sucesso reprodutivo limitado pelos requerimentos energéticos, enquanto que os machos têm o sucesso reprodutivo limitado pelo acesso à fêmeas férteis (Trivers, 1972; Wrangham, 1980). Dessa forma, durante as interações entre grupos os machos tentam garantir o acesso à fêmeas e à oportunidades de acasalamento, uma vez que machos de outros grupos se apresentam como potenciais competidores reprodutivos. Já as fêmeas tentam defender seus parceiros sexuais de fêmeas extra grupo, uma vez que esses lhes garantem um território com recursos para acasalar-se e criar a prole (Cheney, 1986; Emlen & Oring, 1977).

A maioria dos primatas da família Callitrichidae responde agressivamente à aproximação de outros grupos. Registros de interações agonísticas entre grupos de *C. jacchus* ao redor das árvores de goma sugerem que o recurso alimentar é um fator limitante (Maier *et al.* 1982; Anzenberger, 1985). No entanto, alguns estudos evidenciaram que as interações agonísticas entre grupos não estão relacionadas, apenas, com a defesa das fontes de alimento. Nas interações entre grupos mistos de *Saguinus mystax* e *S. fuscicollis*, o comportamento agonístico foi direcionado, principalmente, para indivíduos da mesma espécie e sexo (Garber, 1988). Comportamento semelhante foi observado em cativeiro, onde machos e fêmeas de *C. jacchus* responderam agressivamente à presença de intrusos do mesmo sexo, tendo sido interpretado como a defesa do

par sexual (Anzenberger, 1985; Araújo & Yamamoto, 1993).

Dentre os primatas da família Callitrichidae, o sagüi (*Callithrix jacchus*) é o mais utilizado em pesquisas de laboratório, devido à sua fácil adaptação e sucesso reprodutivo em cativeiro. Somente nos últimos 20 anos, cresceu o interesse em estudar essa espécie em seu ambiente natural. As pesquisas de campo têm revelado importantes características, tais como a ampla adaptação à florestas secundárias e ambientes perturbados; a habilidade de explorar goma e a flexibilidade no sistema de acasalamento (Rylands & Faria 1993). No entanto, pouco se conhece a respeito da sua dinâmica inter-grupal.

Neste estudo investigamos a função das interações agonísticas entre grupos de sagüis, onde analisamos as hipóteses de defesa dos recursos alimentares, do par sexual e a localização de parceiros sexuais extra grupo.

## MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado na Floresta Nacional – FLONA/IBAMA – RN (6º 5' S e 35º 12' W), localizada no município de Nísia Floresta – Brasil. A FLONA tem uma área de 80 ha de mata Atlântica e 40 ha de plantação experimental, formada por plantações de eucaliptos e um pomar contendo árvores frutíferas.

Foram observados 3 grupos de sagüis (PL, QT e PB) entre os meses de outubro de 1996 e janeiro de 1998, sendo o grupo PL observado durante 10 meses (10/96 a 07/97) e QT (10/96 a 09/97) e PB (02/97 a 01/98) durante 12 meses. Os grupos PL e QT habitavam a área de plantação experimental, no local onde se encontrava o pomar. Já o grupo PB ocupava uma área de plantação de coqueiros e árvores frutíferas fora da FLONA, bem como a borda da área de mata Atlântica.

A composição dos grupos mudou, ao longo do período do estudo, em função dos nascimentos, desaparecimentos, mortes e migrações. O grupo PL era formado por 6 indivíduos. Com a morte da fêmea reprodutora o grupo ficou com 5 indivíduos adultos. Durante uma interação agonística entre grupos o grupo PL se dividiu formando dois novos grupos. Já o grupo QT era formado por 11 indivíduos. Ao longo do estudo duas fêmeas adultas deixaram o grupo e ocorreu o nascimento de um filhote, ficando o grupo com 10 indivíduos. O grupo PB, também, era formado por 11 indivíduos. Com a morte da fêmea reprodutora e 2 filhotes, bem como a saída de 1 fêmea subadulta e 2 adultas o grupo ficou com 5 indivíduos. Semelhante ao ocorrido no grupo PL, o grupo PB se dividiu formando dois novos grupos (Lázaro-Perea *et al.*, 2000).

Cada grupo foi observado uma vez por semana, sendo os dados coletados através do método de observação “behavior sampling” com registro de todas as

ocorrências (Altman, 1974). A identidade dos participantes, os comportamentos agonísticos exibidos e a frequência das interações agonísticas foram anotadas. Estas se apresentaram na forma de interações agonísticas entre grupos e interações agonísticas de grupos com indivíduos intrusos. O primeiro tipo de interação agonística se caracterizou por ocorrer entre um dos grupos estudados e pelo menos um grupo desconhecido, podendo ocorrer também entre dois grupos estudados. Já as interações agonísticas de grupos com indivíduos intrusos se diferenciaram da anterior por ocorrer entre um dos grupos estudados e um indivíduo solitário que aparentemente não estava em um grupo.

Os dados foram analisados através da estatística não paramétrica em função da sua natureza e do modo de amostragem (Siegel, 1956), sendo adotado o nível de significância de 5% para todos os testes. O número mensal de interações agonísticas na estação seca (setembro a fevereiro) e na estação chuvosa (março a agosto) foi analisado através do teste de Wilcoxon (T para  $N \leq 25$  e Z para  $N > 25$ ). A participação dos indivíduos, das diferentes classes de idade e sexo, nas interações agonísticas entre grupos foi avaliada, para cada grupo, através dos testes de Krauskal Wallis (H) e Mann Whitney (U). Já para verificar os comportamentos agonísticos mais exibidos durante tais interações foram aplicados os testes de Friedman ( $\chi^2$ ) e Wilcoxon. Além disso, foi calculada a percentagem individual de cópulas extra grupo.

## RESULTADOS

Das 305 interações agonísticas registradas, 91% ( $N=278$ : PL=145; QT=110 e PB= 23) delas ocorreram entre grupos e apenas 9% ( $N=27$ : PL=9; QT=3 e PB=15) foram de grupos com indivíduos intrusos.

Durante as interações entre grupos as agressões foram ritualizadas. Do total de interações registradas, em apenas cinco delas ocorreu contato físico, com mordidas entre os participantes. Todas as interações agonísticas entre grupos ocorreram no limite da área de vida de cada grupo estudado. Todos os membros do grupo participaram de tais interações, à exceção dos juvenis e infantes.

As interações agonísticas de grupos com indivíduos intrusos ocorreram dentro da área de vida de cada grupo estudado. Quando detectada a presença do intruso, o grupo se aproximava vocalizando e perseguindo. Em geral, o intruso tentava se livrar das perseguições, emitindo vocalização de submissão, abaixando os tufos e/ou fugindo.

Das nove interações agonísticas registradas no grupo PL com indivíduos intrusos, em 66,6% delas os intrusos eram fêmeas, sendo observado comportamentos afiliativos, tais como catação e cheirar a genitália, entre uma fêmea adulta e os machos de tal grupo. No entanto, quando a presença de uma intrusa era perce-

bida pelas fêmeas do grupo, havia forte agressão, incluindo mordidas. Já no grupo QT das três interações agonísticas com indivíduos intrusos, em todas elas os intrusos eram machos (100%). Em tais interações o macho reprodutor mordeu o indivíduo intruso. No grupo PB das quinze interações com indivíduos intrusos em 85,7% estes eram machos e, ao tentar se aproximar das fêmeas foram agredidos pelos machos adultos do grupo.

O número mensal de interações agonísticas não variou significativamente entre as estações seca e chuvosa. No grupo PL foram registradas 64 interações na estação seca e 81 na chuvosa ( $T=71$ ;  $N=17$ ;  $p=0,79$ ). Já o grupo QT apresentou 51 interações na estação seca e 59 na chuvosa ( $T=71$ ;  $N=20$ ;  $p=0,52$ ), enquanto que o grupo PB teve apenas 9 interações na estação seca e 14 na chuvosa ( $T=20,5$ ;  $N=18$ ;  $p=0,27$ ).

Com relação a participação dos indivíduos nas interações agonísticas, não houve diferença significativa nos grupos QT e PB; a exceção foi o grupo PL onde houve diferença significativa no par de indivíduos SK e ST ( $H=9,9$ ;  $N=5$ ;  $p=0,04$ ). Dessa forma, foi aplicado apenas para tal par de indivíduos o teste de Mann Whitney ( $U=406,5$ ;  $N=35$ ;  $p=0,01$ ), mostrando que a participação de SK nas interações agonísticas foi maior do que a de ST.

A frequência dos comportamentos agonísticos, exibidos durante as interações entre grupos, variou significativamente (PL:  $\chi^2=74,4$ ,  $N=35$ ,  $p=0,00$ ; QT:  $\chi^2=60,2$ ,  $N=40$ ,  $p=0,00$ ; PB:  $\chi^2=20,4$ ,  $N=37$ ,  $p=0,00$ ). Diante disso, cada comportamento agonístico foi comparado com os demais. No grupo PL o deslocamento com o dorso arqueado (DA) foi mais frequente do que a exibição de genitália ( $Z=3,47$ ;  $N=35$ ;  $p=0,00$ ), a marcação odorífera ( $Z=4,50$ ;  $N=35$ ;  $p=0,00$ ), a perseguição ( $Z=2,55$ ;  $N=35$ ;  $p=0,01$ ) e a piloereção ( $Z=4,37$ ;  $N=35$ ;  $p=0,00$ ). Já a exibição de genitália (EG) foi mais frequente, apenas do que a marcação odorífera ( $Z=4,01$ ;  $N=35$ ;  $p=0,00$ ) e a piloereção ( $Z=2,33$ ;  $N=35$ ;  $p=0,01$ ). Semelhantemente, a perseguição (PE) foi mais frequente do que a marcação odorífera ( $Z=2,81$ ;  $N=35$ ;  $p=0,00$ ) e a piloereção ( $Z=4$ ;  $N=35$ ;  $p=0,00$ ). Em contraste a vocalização (VO) foi mais exibida do que todos os outros comportamentos agonísticos (EG:  $Z=3,47$ ,  $N=35$ ,  $p=0,00$ ; DA:  $Z=2,08$ ,  $N=35$ ,  $p=0,03$ ; MO:  $Z=4,88$ ,  $N=35$ ,  $p=0,00$ ; PE:  $Z=3,70$ ,  $N=35$ ,  $p=0,00$ ; PI:  $Z=4,94$ ,  $N=35$ ,  $p=0,00$ ) (Figura 1a).

No grupo QT o deslocamento com o dorso arqueado (DA) foi mais frequente do que a marcação odorífera ( $Z=4,29$ ;  $N=40$ ;  $p=0,00$ ), a perseguição ( $Z=2,20$ ;  $N=40$ ;  $p=0,02$ ) e a piloereção ( $Z=3,32$ ;  $N=40$ ;  $p=0,00$ ). Já a vocalização (VO) foi mais exibida do que a marcação odorífera ( $Z=4,70$ ;  $N=40$ ;  $p=0,00$ ), a perseguição ( $Z=2,85$ ;  $N=40$ ;  $p=0,00$ ), a piloereção ( $Z=4,29$ ;  $N=40$ ;  $p=0,00$ ) e a exibição de genitália ( $Z=1,97$ ;  $N=40$ ;  $p=0,04$ ). Está última por sua vez foi mais frequente, apenas, do que a marcação odorífera ( $Z=4,44$ ;  $N=40$ ;  $p=0,00$ ) e a piloereção ( $Z=3,08$ ;  $N=40$ ;  $p=0,00$ ) (Figura 1b).



Finalmente, no grupo PB o deslocamento com o dorso arqueado (DA) foi mais freqüente do que a exibição de genitália ( $Z=2,81$ ;  $N=37$ ;  $p=0,00$ ), a marcação odorífera ( $Z=2,85$ ;  $N=37$ ;  $p=0,00$ ) e a piloereção ( $Z=2,85$ ;  $N=37$ ;  $p=0,00$ ). Já a perseguição foi mais freqüente, apenas, do que a exibição de genitália ( $Z=2,10$ ;  $N=37$ ;  $p=0,03$ ) e a piloereção ( $Z=2,93$ ;  $N=37$ ;  $p=0,00$ ). Ao contrário do observado nos grupos PL e QT, a vocalização (VO) não foi muito freqüente, uma vez que ela só foi mais exibida do que a piloereção ( $Z=2,90$ ;  $N=37$ ;  $p=0,00$ ) (Figura 1c).

Nos intervalos ou mesmo ao final de uma interação entre grupos, a poucos metros do local, foram registradas cópulas entre indivíduos de diferentes grupos. A aproximação foi iniciada pelos machos e, em cinco ocasiões, as fêmeas rejeitaram as cópulas. Essas interações foram rápidas e quando tais indivíduos retornaram à seus grupos de origem foram, freqüentemente, agredidos.

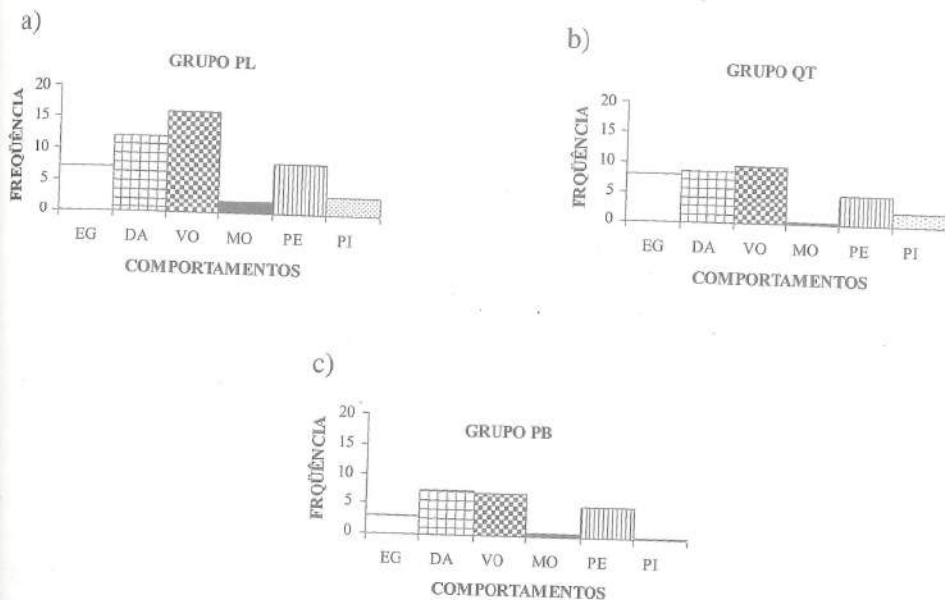


Figura 1. Freqüência dos comportamentos exibidos pelos grupos PL (a), QT (b) e PB (c) nas interações agonísticas entre grupos. EG = exibição de genitália; DA = deslocamento com dorso arqueado; VO = vocalização; MO = marcação odorífera; PE = perseguição e PI = piloereção.

Do total de 55 cópulas extra grupo 20 delas ocorreram no grupo PL, 19 no QT e 16 no PB. No grupo PL 17 cópulas (85%) ocorreram nas interações entre grupos e 3 cópulas (15%) nas interações desse grupo com indivíduos intrusos. Já no grupo PB, 10 cópulas (62,5%) ocorreram nas interações entre grupos e 6 cópulas (37,5%) nas interações de tal grupo com indivíduos intrusos. Em contraste,

todas as 19 cópulas (100%) registradas no grupo QT, ocorreram no contexto das interações entre grupos.

No grupo PL, o macho reprodutor SK participou em 50% das cópulas extra grupo. A frequência de cópulas extra grupo com esse indivíduo aumentou após a morte da fêmea reprodutora. Os machos adultos SN, ST e a fêmea adulta SM estiveram envolvidos em 15% das cópulas extra grupo, seguidos da fêmea adulta SO com 5% (Figura 2a). No grupo PB, as fêmeas adultas PT e PM apresentaram 25% de cópulas extra grupo. Já as fêmeas subadultas PL e PP apresentaram 31% e 19%, respectivamente, de cópulas extra grupo (Figura 2c). Após a divisão do grupo as fêmeas PL, PP, PT e PM permaneceram juntas. Dois machos adultos se uniram a elas formando o grupo PB1. As fêmeas PT e PM ocuparam o posto de reprodutoras juntamente com um dos machos. Através de um cicatriz na cauda, suspeita-se que um dos machos que se uniram a tais fêmeas copulou, anteriormente, com elas no contexto das interações de grupos com indivíduos intrusos. No grupo QT, apenas os indivíduos não reprodutores participaram das cópulas extra grupo (as fêmeas GÇ, GL, GG e GT com 36%, 21%, 21% e 11% das cópulas extra grupo, respectivamente e o macho GU com 11%) (Figura 2b).

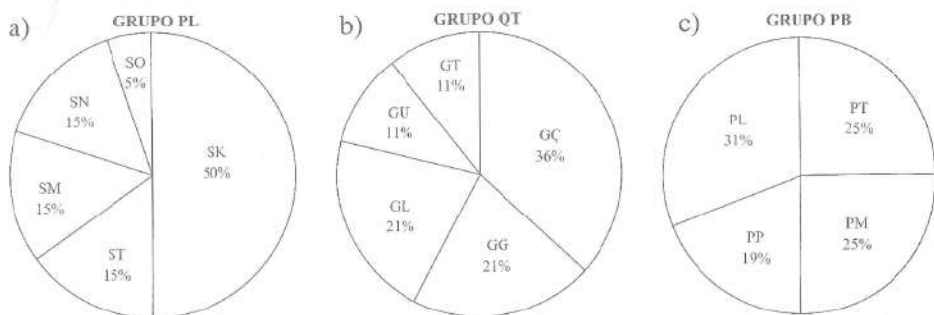


Figura 2. Percentagem individual de cópulas extra grupo. Grupo PL (a): SK, ST e SN – machos adultos; SM e SO – fêmeas adultas. Grupo QT (b): GT, GÇ, GL e GG – fêmeas adultas; GU – macho adulto. Grupo PB (c): PT e PM – fêmeas adultas; PL e PP – fêmeas subadultas.

## DISCUSSÃO

Os resultados mostram importantes aspectos para o entendimento da dinâmica inter-grupal no *Callithrix jacchus*. O padrão de comportamentos agonísticos descrito neste estudo tem sido observado em outros grupos de *C. jacchus* (Stevenson & Poole, 1976; Hubrecht, 1985), bem como em outras espécies do gênero como *C. humeralifer intermedius* (Rylands, 1981) e *C. kuhli* (Stevenson & Rylands, 1988). No entanto, os estudos anteriores não exploraram as prováveis funções e conseqüências dos confrontos entre grupos.

O número de interações agonísticas não variou significativamente entre os meses secos e chuvosos, provavelmente, devido a pequena variação na disponibilidade dos frutos na área da plantação experimental onde viviam os grupos PL e QT. Tal área apresentou elevada diversidade de espécies frutíferas com frutificação não sincronizada entre indivíduos e espécies, de forma que os frutos estavam disponíveis praticamente o ano inteiro. Em contraste, a área onde vivia o grupo PB continha poucas árvores frutíferas, tendo essas concentrado a frutificação nos meses secos. No entanto, diante da diminuição na oferta de frutos os sagüis se alimentaram de goma, recurso que está disponível o ano inteiro (Castro 1998). Nesse caso, as interações agonísticas não ocorreram em função da competição por recursos, embora isto possa acontecer em ambientes com forte sazonalidade.

A segunda hipótese é a competição sexual, através da defesa do parceiro sexual. Apenas no grupo QT o par reprodutor esteve presente ao longo de todo o período em estudo, sendo registradas mordidas por parte do macho reprodutor em todas as interações com indivíduos intrusos do mesmo sexo. Resultados semelhantes foram obtidos em grupos de *C. jacchus* e *Saguinus fuscicollis*, mantidos em cativeiro, onde à presença de intrusos do mesmo sexo desencadeou respostas agressivas por parte dos residentes sugerindo que tal agressão pode ser uma estratégia para a manutenção da exclusividade reprodutiva (Epple, 1978; Anzenberger, 1985; Araújo & Yamamoto, 1993), uma vez que indivíduos intrusos podem se apresentar como competidores reprodutivos.

Nos grupos PL e PB, ocorreu a morte das fêmeas reprodutivas, não sendo registradas interações sexuais entre os machos e as demais fêmeas presentes nesses grupos. Nas interações com indivíduos intrusos foram observados comportamentos afiliativos por parte dos indivíduos do sexo oposto ao do intruso, sugerindo uma tentativa de localizar parceiros sexuais. Entretanto, respostas agressivas foram registradas por parte de indivíduos do mesmo sexo do intruso, evidenciando a competição intra-sexual. As respostas dos indivíduos intrusos à tais agressões foram de submissão. Numa população de *Leontopithecus rosalia*, a submissão dos indivíduos intrusos tem sido interpretada como uma tentativa de imigrar para o grupo, em função das baixas taxas de sobrevivência e raras oportunidades de reproduzir, uma vez que esses indivíduos não fazem parte de um grupo social (Dietz & Baker, 1993). Embora tenha ocorrido fissão nos grupos estudados, não foi observado imigração na sua composição original (Castro, 1998; Lázaro-Perea *et al.*, 2000).

Cópulas extra grupo, no contexto das interações agonísticas entre grupos, foram registradas em outros grupos de *C. jacchus* (Hubrech, 1985). Nossos resultados mostram que no grupo QT, apenas os indivíduos não-reprodutores

participaram de cópulas extra grupo. Provavelmente, a presença do par reprodutor contribuiu para a exclusividade reprodutiva como sugerido em outros estudos (Epple, 1978; Anzenberger, 1985). Já nos grupos PL e PB todos os indivíduos se envolveram em cópulas extra grupo. Após a divisão do grupo PB, dois machos se uniram as fêmeas desse grupo. Pelo menos um deles foi observado copulando com duas fêmeas adultas durante as interações de grupos com indivíduos intrusos. Ao final do estudo as duas fêmeas e esse macho ocuparam o posto de reprodutores. Esses resultados reforçam a hipótese de que as interações entre grupos servem para localizar parceiros sexuais extra grupo, aumentando assim as oportunidades de reprodução. Isso é muito importante para indivíduos que não reproduzem em seus grupos de origem, bem como para aqueles que estão sem seus parceiros sexuais. Segundo proposto no estudo de Goldizen (1986) as interações entre grupos podem propiciar a formação de novos pares e criar oportunidades de reproduzir. Isso pode ser um mecanismo para evitar a endogamia, uma vez que na família Callitrichidae há raros relatos de reprodução entre indivíduos aparentados, sugerindo a evitação do incesto (Abbott, 1984).

Assim nos parece que os confrontos entre grupos tem a dupla função de defesa do parceiro sexual para indivíduos reprodutores e de localização de parceiros sexuais extra grupo para indivíduos não reprodutores, embora não possamos descartar completamente a defesa dos recursos alimentares.

### AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA - RN) pela permissão para realizarmos esse estudo na Floresta Nacional (FLONA) - Nisia Floresta, ao Conselho Nacional de Pesquisa pelo financiamento a Arrilton Araújo (CNPq # 523963/96-3), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de doutorado a Carla S.S. Castro. A Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo generoso suporte. Ao Dr. Nivaldo Nordi (UFSCar/São Carlos) e Dr. Augusto Shinya Abe (UNESP/Rio Claro) pelos comentários e sugestões a este trabalho e ao prof. Paulo Roberto Medeiros de Azevedo pela sugestão dos testes estatísticos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, D.H. 1984. Behavioral and physiological suppression of fertility in subordinate marmoset monkeys. *Amer. J. Primatol.*, 6:169-186.
- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49: 247-248.

- ANZENBERGER, G. 1985. How stranger encounters of Common Marmosets (*Callithrix jacchus jacchus*) are influenced by family members: the quality of behavior. *Folia Primatologica*, 45:204-224.
- ARAÚJO, A. & YAMAMOTO, M.E. 1993. Reação a intrusos da mesma espécie em *Callithrix jacchus*: influência do status social. In: M.E Yamamoto & M.B.C. SOUZA (Eds). *A Primatologia no Brasil - 4*. EDUFPRN, Natal, p.15-34.
- BROWN, J.L. & ORIAN, G.H. 1970. Spacing patterns in mobile animals. *Ann. Rev. Ecol. System.*, 1:239-262.
- CASTRO, C.S.S. (1998): Dieta, padrão de uso do espaço e interações agressivas entre grupos de sagüis-do-nordeste, *Callithrix jacchus* (Primates, Callitrichidae). Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos - SP, 116 pp.
- CHENEY, D.L. 1986. Interactions and relations between groups. In: B.B. Smuts; D.L. Cheney; R.M. Seyfarth; R.W. Wrangham & T.T. Struhsaker (Eds). *Primate Societies*. Chicago University Press, Chicago, p. 267-281.
- DIETZ, J.M.; BAKER, A. J. 1993. Polygyny and female reproductive success in golden lion tamarins, *Leontopithecus rosalia*. *Anim. Behav.*, 46:1067-1078.
- EMLEN, S.T. & ORING, L.W. 1977. Ecology, sexual selection and evolution of mating systems. *Science*, 197:215-223.
- EPPLER, G. 1978. Effect of pair-bonding with adults on the ontogenetic manifestation of aggressive behavior in a primate. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 8:117-123.
- GARBER, P.A. 1988. Diet, foraging patterns, and resource defense in a mixed species troop of *Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis* in Amazonian Peru. *Behaviour*, 105:18-34.
- GOLDIZEN, A.W. 1986. Tamarins and marmosets: communal care of offspring. In: B.B. Smuts; D.L. Cheney; R.M. Seyfarth; R.W. Wrangham & T.T. Struhsaker (Eds). *Primate Societies*. Chicago University Press, Chicago, p. 34-43.
- HUBRECHT, R.C. 1985. Home-range use and territorial behavior in the common marmoset, *Callithrix jacchus jacchus*, at Tapacurá field station, Recife, Brazil. *Int. J. Primatol.*, 6:533-550.
- LÁZARO-PÉREA, C.; CASTRO, C.S.S.; HARRISON, R.; ARAÚJO, A. & ARRUDA, M.F. 2000. Within-group conflict after breeder loss in a cooperatively breeding primate, the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 48:137-146.
- MAIER, W.; ALONSO, C. & LANGGUTH, A. 1982. Field observations on *Callithrix jacchus jacchus*. *Z. Säugetierk.*, 47:334-346.
- RYLANDS, A. B. 1981. Preliminary field observations on the marmoset, *Callithrix humeralifer intermedius* (Hershkovitz, 1977), at Dardanelos, rio Aripuanã, Mato Grosso. *Primates*, 22:46-59.
- RYLANDS, A. B. & FARIA, D.S. 1993. Habitats, feeding, and home range size in the genus *Callithrix*. In: A. B. RYLANDS (Ed). *Marmosets and tamarins. Systematics, behaviour, and ecology*. Oxford university press, New York, p. 262-272.
- SIEGEL, S. 1979. Estatística não paramétrica para as ciências do comportamento. McGraw-Hill Ltda. p.333.
- STEVENSON, M.F. & POOLE, T.B. 1976. An ethogram of the common marmoset, *Callithrix jacchus*: general behavioral repertoire. *Anim. Behav.*, 24:428-451.

- STEVENSON, M.F. & RYLANDS, A.B. 1988. The marmosets, genus *Callithrix*. In: R. A. Mittermeier; A. B. Rylands; A. F. Coimbra-Filho & G. A. B. Fonseca (Eds). Ecology and Behavior of Neotropical Primates, 2. World Wildlife Fund (WWF), Washington, D.C., p. 146-162.
- TILSON, R.L. 1981. Family formation strategies of kloss's gibbons. *Folia Primatol.*, 35:259-287.
- TRIVERS, R.L. 1972. Parental investment and sexual selection. In: B. Campbell (Ed). Sexual selection and descent of man. Aldine press, Chicago, p. 1871-1971.
- WRANGHAM, R.W. 1980. An ecological model of female-bonded primate groups. *Behaviour*, 75:262-300.

## ESTUDO DO PADRÃO DE DEFECÇÃO EM SAGÜI-COMUM, *CALLITHRIX JACCHUS*, EM CATIVEIRO

MARIA BERNARDETE C. DE SOUSA<sup>1</sup>, DIJENAIDE C. CASTRO<sup>1</sup>, JORGE  
LUIZ F. RAMINELLI<sup>1</sup>, ANA VALÉRIA S. MEDEIROS<sup>2</sup> GEORGE  
HENRIQUE L. NOBRE<sup>4</sup>, PEDRO P. S. JUNIOR<sup>4</sup> &  
IVANISE C. SOUSA<sup>4</sup>

1-Departamento de Fisiologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Caixa Postal 1511, 59078-900 Natal, RN, Brasil, e-mail: desousa@cb.ufrn.br;

2- Alunos de mestrado em Psicobiologia; 3- Bolsista PIBIC/CNPq;

4-Estagiário voluntário

### RESUMO

A obtenção de dados em estudos endocrinológicos para primatas vivendo em ambiente natural tornou-se possível a partir do desenvolvimento de ensaios hormonais em fezes. A principal vantagem desse método está no fato do mesmo não ser invasivo, não necessitando da captura e, portanto, evitando o estresse da manipulação dos animais experimentais. Como forma de padronizar o procedimento de coleta de fezes para obtenção das amostras para as dosagens hormonais, este estudo teve o objetivo de caracterizar o padrão de defecação de animais da espécie *Callithrix jacchus*, investigando se este padrão era influenciado pela hora do dia, idade, sexo ou condição reprodutiva do indivíduo. Foram utilizados 8 grupos familiares de sagüi comum, vivendo em gaiolas individuais na área externa do Núcleo de Primatologia da UFRN em Natal, RN, Brasil. A coleta de fezes foi realizada em pelo menos 2 animais de cada grupo, num total de 30 indivíduos, duas vezes na semana, durante toda a fase de claro do ciclo de 24 horas, num total de 8 dias para cada animal. Os resultados obtidos utilizando machos e fêmeas, adultos e não adultos (juvenis e sub-adultos), confirmaram dados preliminares obtidos com fêmeas adultas desta espécie, nas quais foi demonstrado que a maior frequência dos episódios de defecação ocorre durante a manhã (entre 05:00 e 09:00 h) logo após o despertar dos animais. Esses dados abrem a perspectiva de se poder coletar fezes em mais de um animal do mesmo grupo social e amplia a possibilidade para se estudar o correlato hormonal do comportamento, durante estágios mais precoces do desenvolvimento ontogenético de animais desta espécie.

**Palavras chave:** Variação diurna, defecação, *Callithrix jacchus*, sagüi comum

## ABSTRACT

**Patterns of defecation of captive common marmosets, *Callithrix jacchus*.** Endocrinological data in wild primates has been made possible by the development of hormonal assays in feces. The main advantage of this method is that it is a non invasive procedure and, therefore, we can avoid the capture and stress of the animal under investigation. The aim of this study was to standardize the fecal collection to get samples for hormonal dosages to characterize the pattern of fecal discharging in common marmosets, *Callithrix jacchus*, and to investigate if this pattern is under influence of the time of the day, age, sex, or reproductive condition. Eight family groups of common marmosets living in individual cages located at an outside area in the Nucleo de Primatologia, Natal, RN, Brazil were used. Fecal collection of the samples was performed in at least 2 animals per group in a total of 30 individuals, twice a week during the whole light-phase of a 24 h cycle, in a total of 8 days per animal. The results using males and females, adults and non-adult animals (subadult and juveniles) confirmed prior evidences demonstrated for adult females, i.e. the highest frequency of defecation occurred in the first four hours in the morning (between 05:00 and 09:00 h), shortly after the animals wake-up. No differences were found in relation to sex, age, or reproductive condition. These results open the perspective to perform hormonal monitoring in more than one animal living in the same social group at the same time and extend the possibility to study the hormonal correlates of behavior to precocious stages of ontogenetic development in common marmosets.

**Key words:** Variation diurnal, defecation, *Callithrix jacchus*, common marmoset

## INTRODUÇÃO

Os primatas da espécie *Callithrix jacchus* não apresentam dimorfismo sexual e seus grupos sociais naturais geralmente são compostos por 3 - 15 indivíduos (Stevenson & Rylands, 1988). Estes animais são de fácil manejo em cativeiro devido ao pequeno porte, aceitação de dieta variada e alto potencial reprodutivo, produzindo cerca de duas proles por ano. Graças a estas características, os estudos tanto comportamentais como relacionados à fisiologia reprodutiva das fêmeas tornaram-se muito freqüentes a partir da década de 70 (Eisenberg, 1978; Hearn, 1978; Abbott, 1978).

Outra característica marcante entre os animais desta espécie e de outras espécies da família Callitrichidae, que vem despertando o interesse de vários estudiosos, diz respeito às estratégias reprodutivas de machos e fêmeas, que parecem ser bastante influenciadas por fatores sociais, com a reprodução ficando geralmente restrita a um único par de adultos no grupo. Mesmo na presença de outros animais em idade adulta, ocorre a supressão reprodutiva dos subordinados, provavel-



mente por meio de pistas olfativas, visuais e comportamentais do animal dominante. Isto é mais marcante entre as fêmeas, uma vez que aquelas dominantes são capazes de inibir, não só o comportamento sexual de fêmeas subordinadas, mas também a ovulação, alterando os níveis hormonais destas (*Callithrix jacchus*: Abbott, 1986; Abbott et al., 1988, 1998; Saltzman et al., 1997; *Callithrix kuhli*: Smith & French 1997; *Saguinus oedipus*: Heisterman et al., 1989).

Para o aprofundamento do estudo do comportamento reprodutivo, se faz necessária a utilização de dosagens hormonais, tanto em estudos de cativeiro como para o estudo dos animais no seu ambiente natural. As técnicas tradicionais de dosagem hormonal utilizam o sangue ou a urina e foram bastante empregadas na descrição da fisiologia reprodutiva do sagüi comum em cativeiro (Hearn, 1983; Harlow et al., 1984; Kholkute, 1984; Dixson & Lunn, 1987). Estes procedimentos de coleta são impraticáveis para primatas vivendo em ambiente natural, particularmente para aqueles de pequeno porte como é o caso do sagüi comum. Todavia, com o recente desenvolvimento de técnicas de dosagem hormonal em fezes, tornou-se possível o estudo do quadro endocrinológico em animais silvestres e os primeiros resultados com diferentes espécies vêm sendo publicados nos últimos dez anos.

Ziegler et al. (1996) validaram o emprego da dosagem hormonal em fezes para o *Callithrix jacchus*, onde observaram que o padrão de variação da progesterona no plasma ocorria também nas fezes, cerca de 24-48 horas após. Posteriormente, Sousa & Ziegler (1998), utilizando fêmeas de sagüi, demonstraram o ritmo diurno da progesterona e do cortisol fecal, ocorrendo em sentido oposto à variação ocorrida com os níveis plasmáticos, devido a uma defasagem de aproximadamente oito horas na excreção fecal destes esteróides. Estas autoras demonstraram que os níveis mais elevados da progesterona fecal ocorrem pela manhã e do cortisol fecal à tarde, aproximadamente às 14:00 h.

Como a utilização de técnicas de dosagens hormonais em amostras de fezes vem se ampliando e se constituindo numa importante fonte de informação, complementar àquela do estudo do comportamento, se faz necessária a padronização da técnica de coleta, de modo a estabelecer os limites de emprego desta nova metodologia. Deste modo, o objetivo deste estudo foi a obtenção de dados para auxiliar na padronização da técnica de coleta de amostras fecais em sagüi comum, investigando se fatores tais como, hora do dia, sexo, idade e condição reprodutiva dos animais interfere com o padrão de defecação.

## MÉTODOS

### Animais de estudo

Foram selecionados 30 animais de 8 grupos familiares de *Callithrix jacchus*, compostos pelo menos pelo macho reprodutivo (n = 8), a fêmea reprodutiva (n = 6) e um

casal de filhos gêmeos adultos (mais de 15 meses:  $n = 8$ ), subadultos (10-15 meses:  $n = 2$ ) e juvenis (5-10 meses:  $n = 6$ ). Estes grupos viviam em gaiolas individuais, expostos às variações ambientais naturais, uma vez que as mesmas localizavam-se na área externa do Núcleo de Primatologia da UFRN. A água e a comida foram oferecidas *ad libitum*.

As coletas de fezes foram feitas durante toda a fase de claro do ciclo de 24 horas (aproximadamente de 05:00-17:00 h), em dois dias sorteados entre a segunda e sexta-feira, num período de quatro semanas para cada gaiola, totalizando 8 dias para cada animal. Durante a coleta foram anotados a hora e o dia de todos os episódios de defecação dos animais focais.

Para a análise estatística os pais e as mães de cada grupo foram considerados como animais reprodutores e os filhos como não reprodutores. A análise por idade compreendeu o agrupamento dos pais, mães e filhos e filhas adultas na categoria "adultos" e os filhos e filhas subadultos e juvenis, na categoria "não adultos".

### **Análise dos dados**

Os dados de frequência de defecação foram analisados utilizando a Análise de Variância (ANOVA) com o teste de Tukey à posteriori, para comparar os valores obtidos nos 6 diferentes intervalos de 2 horas [Intervalo 1 (05:00-07:00 h), Intervalo 2 (07:00-09:00 horas), Intervalo 3 (09:00-11:00 h), Intervalo 4 (11:00-13:00 h), Intervalo 5 (13:00-15:00 h) e o Intervalo 6 (15:00-17:00 h)], ao longo da fase de claro do ciclo de 24- horas.

O teste *t* de Student foi empregado para comparar os dados agrupados nos dois intervalos (manhã = 05:00 – 11:00 h; tarde = 11:00 – 17:00 h), sexo (macho; fêmea), idade (adultos; não adultos) e condição reprodutiva no grupo (reprodutivos; não reprodutivos). Em ambos os testes o nível de significância considerado foi  $p < 0,05$ .

## **RESULTADOS**

Durante o período deste estudo foram coletadas 1.041 amostras dos 30 sagüis comuns, sendo este número diferenciado para cada animal, conforme mostrado na Tabela 1. Deste total, foram coletadas 713 amostras no período da manhã e 328 à tarde.

A Figura 1 mostra todos os episódios de defecação, agrupados dentro dos seis intervalos de 2 horas. Conforme a figura, foi no intervalo 1 (05:00-07:00 h) e no intervalo 2 (07:00-09:00 h) ocorreu maior frequência de defecação para os animais e o teste da ANOVA demonstrou que haviam diferenças estatísticas entre os 6 intervalos estudados ( $F = 12,32$ ;  $p = 0,001$ ). Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos pelo teste de Tukey para cada intervalo, onde pode-se notar que os intervalos 1 e 2 foram semelhantes entre si. O intervalo 1 foi diferente de todos os demais, enquanto o intervalo 2 foi também semelhante ao 5, diferindo dos 3 intervalos restantes.

Quando os dados foram agrupados em dois intervalos, da manhã e tarde, observa-se que ocorreu uma maior frequência de episódios de defecação pela manhã em relação ao intervalo da tarde ( $t = 25,64$ ;  $p = 0,000$ ) (Figura 2).

Em relação à possível influência do sexo do animal no padrão diurno de defecação, a análise estatística mostrou que não houve uma diferença entre a frequência de defecação de machos e de fêmeas ( $t = 0,56$ ;  $p = 0,455$ ) (Figura 3).

A condição reprodutiva do animal no grupo familiar também não alterou o padrão de defecação, já que não houve uma diferença estatística entre os animais reprodutivos e os não reprodutivos ( $t = 0,56$ ;  $p = 0,455$ ) (Figura 4).

Quanto à idade do animal, a frequência total de defecação não diferiu entre os animais adultos e não adultos ( $t = 2,18$ ;  $p = 0,141$ ), embora os adultos tenham apresentado uma discreta elevação nesta frequência (Figura 5).

Tabela 1. Frequência total de episódios de defecação para os animais focais, durante toda a fase de claro do ciclo de 24 horas, durante 8 dias não consecutivos

Animal	Sexo*	Idade **	No. de episódios
375	M	Ad	70
527	M	Ad	42
510	F	Ad	42
285	F	Ad	61
529	M	Ad	91
512	M	Ad	77
314	M	Ad	45
311	F	Ad	50
468	F	Ad	36
561	M	Ad	32
497	M	Ad	71
546	F	Ad	44
600	F	Ju	53
629	M	Ju	69
408	F	Ad	34
395	M	Ad	33
523	M	Ad	31
532	F	Ad	38
445	M	Ad	22
460	F	Ad	20
623	M	Sa	17
596	F	Sa	24
485	M	Ad	69
506	F	Ad	78
731	M	Ju	51
686	F	Ju	52
446	F	Ad	36
483	M	Ad	36
707	M	Ju	11
676	F	Ju	28

\* M= macho; F= fêmea. \*\* Ad= adulto; Ju= juvenil; Sa= sub-adulto.

Tabela 2. Valores de *p* encontrados para as diferenças entre os 6 intervalos de defecação, segundo o teste *post hoc* Tukey.

INTERVALOS	1	2	3	4	5
1	0,093				
2	0,000*	0,000*			
3	0,000*	0,000*	0,991		
4	0,000*	0,147	0,586	0,231	
5	0,000*	0,000*	0,999	0,998	0,475

\* valores estatisticamente diferentes em nível de 5 %

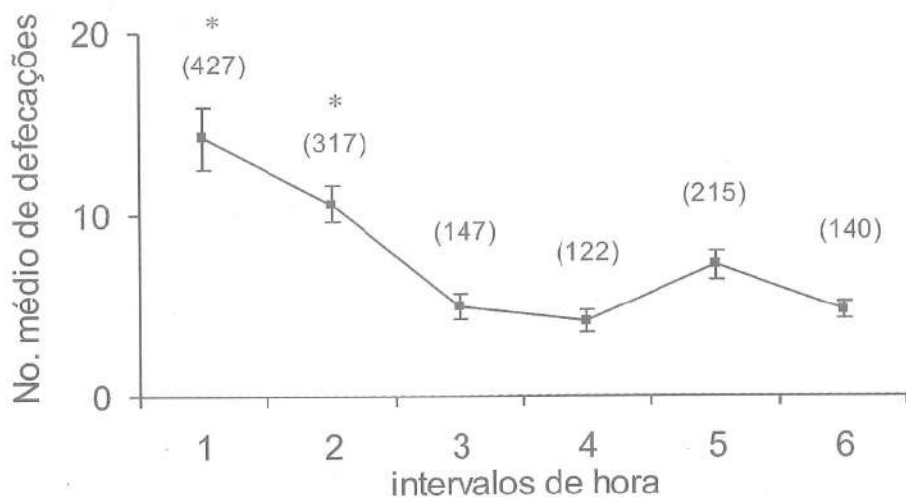


Figura 1. Número médio de defecações ( $\bar{x} \pm \text{EPM}$ ) de 30 sagüis, a cada intervalo de 2 horas, durante a fase de claro do ciclo de 24 horas, por período de amostragem de 8 dias, sendo 2 dias sorteados por semana, durante 4 semanas. Entre parênteses é mostrada a frequência de defecações para cada intervalo.

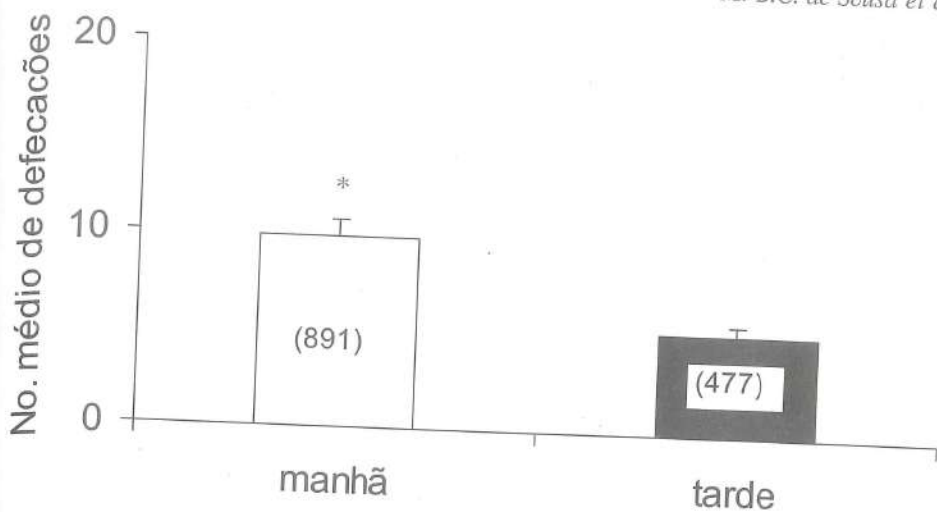


Figura 2. Número médio de defecações ( $\bar{x}$  + EPM) em 30 sagüis *C. jacchus*, durante os intervalos da manhã e da tarde durante o período de amostragem. O número de defecações é apresentado entre parênteses dentro das colunas.

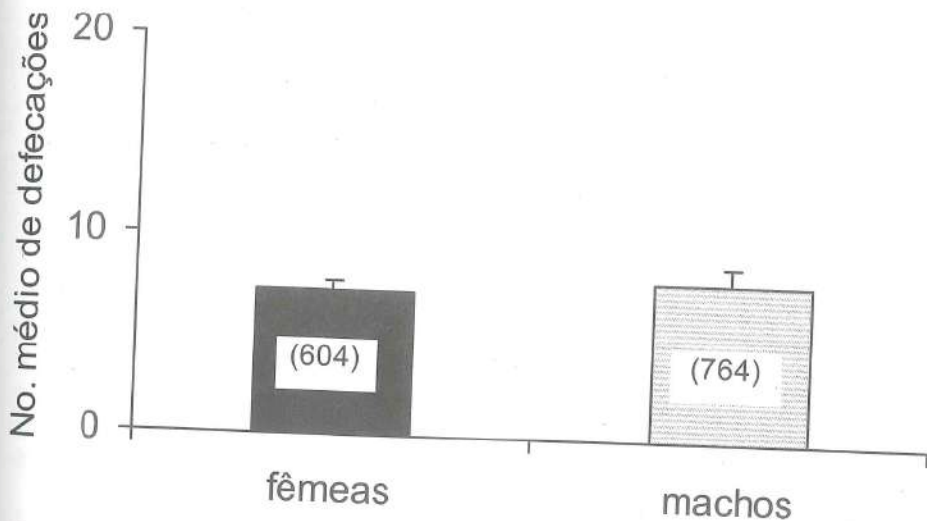


Figura 3. Número médio de defecações ( $\bar{x}$  + EPM) de machos (n= 16) e de fêmeas (n= 14) de sagüi comum, durante o período de estudo. Entre parênteses o número de defecações.

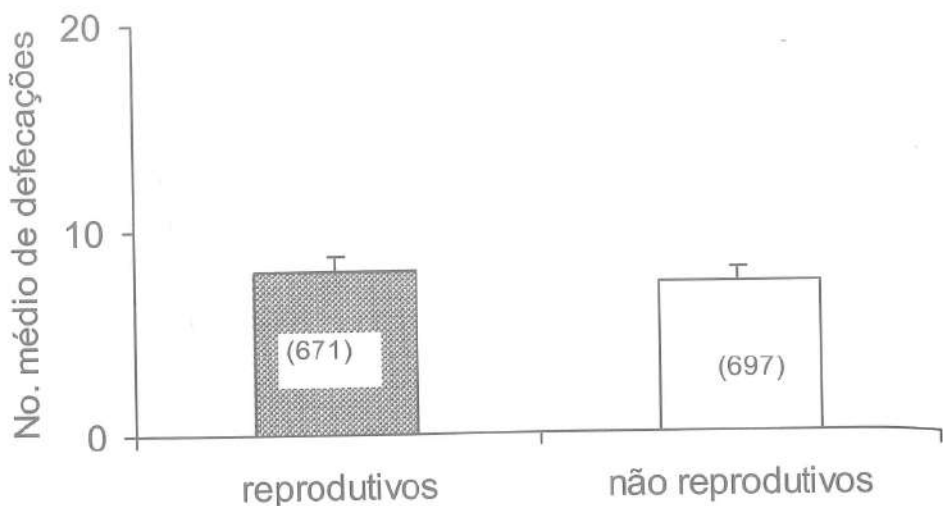


Figura 4. Número médio de defecações ( $\bar{x}$  + EPM) dos indivíduos reprodutivos (n= 14) e os não reprodutivos (n= 16) de sagüi comum, durante o período de estudo. Entre parênteses o número de defecações.

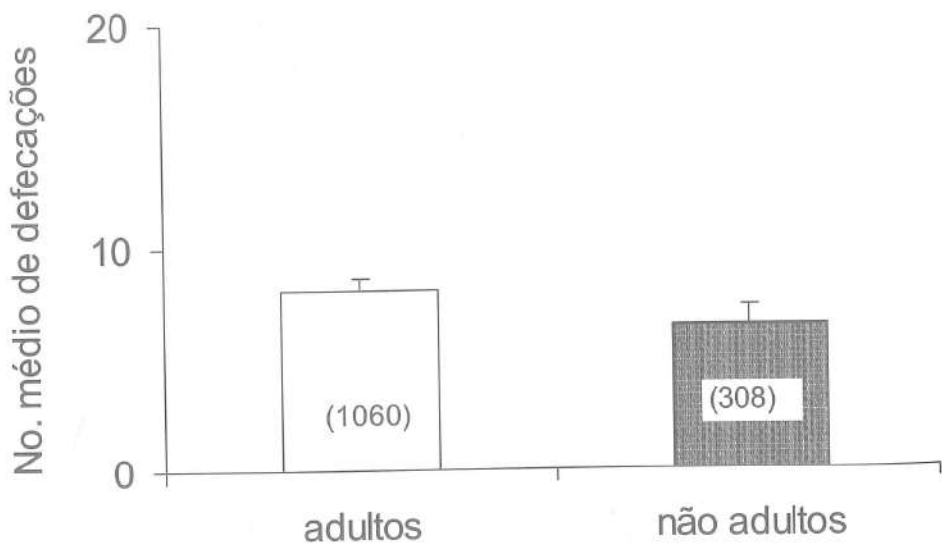


Figura 5. Número médio de defecações ( $\bar{x}$  + EPM) de animais adultos (n= 24) e não adultos (n= 6) de sagüi comum, durante o período de estudo. Entre parênteses o número de defecações.

## DISCUSSÃO

Estes resultados demonstram que há uma consistência no momento da primeira defecação dos animais da espécie *C. jacchus*, que ocorre nas primeiras horas da manhã, permitindo portanto o monitoramento hormonal de longo prazo na situação de cativeiro. Na situação de campo os resultados coletados até o momento para fêmeas também apontam na mesma direção (Sousa et al. 2002).

É interessante chamar atenção para o fato de que a defecação no sagüi comum, apresenta um perfil diurno de variação, à semelhança de outras variáveis fisiológicas (melatonina: Webley et al., 1989; cortisol: Sousa et al., 1998; testosterona: Kholkute, 1984) e comportamentais (atividade motora: Erkert, et al. 1991; catação social: Mota et al., 1993; Azevedo et al., 1997; cópulas: Sousa & Moisés, 1997; marcação de cheiro: Nogueira et al., (2001) desta espécie. Esta frequência aumentada dos episódios de defecação logo após o despertar dos animais provavelmente está associada a dois fatores principais. O primeiro se refere aos hábitos alimentares destes primatas que aumentam sua atividade de forrageio antes de se recolher para dormir (Alonso & Languth, 1989; Camarotti & Monteiro-da-Cruz, 1997), permanecendo durante a noite em repouso e sem defecar. Segundo, o novo aumento do forrageio dos animais ao despertar (Camarotti & Monteiro-da-Cruz, 1997), que deve estimular a ocorrência dos reflexos gastrocólico e duodenocólico, os quais desencadeiam a defecação pela chegada do alimento ao estômago e duodeno respectivamente (Guyton, 1999).

O padrão de defecação observado para animais subadultos e juvenis de ambos os sexos foi semelhante ao padrão adulto. Estes resultados demonstram que é possível realizar o monitoramento hormonal de animais em idade anterior ao estágio adulto de desenvolvimento, criando a oportunidade para o estudo do desenvolvimento ontogenético do amadurecimento endócrino e sua relação com a atividade comportamental.

Neste sentido, Peregrino et al. (1999), estudando a resposta adrenal de machos e fêmeas subadultas de sagüi comum, encontraram que cinco dos seis machos e duas das seis fêmeas testadas apresentaram variações significativas dos níveis de cortisol quando submetidas a variações no ambiente social (separação do grupo familiar). Resultados obtidos por Castro (2000) dosando a testosterona de animais adultos e juvenis, mostram que no material fecal, machos juvenis apresentam os níveis de testosterona mais baixos que os adultos, como demonstrado no plasma por Abbott (1978).

Do mesmo modo que a idade, nenhum efeito do sexo ou condição reprodutiva foi encontrado. A ausência de alteração no padrão de defecação associada ao sexo já era esperada, pois a resposta visceral, diferentemente daquela de natureza comportamental, deve ter sofrido menos pressões seletivas, apresentando menor possibilidade de variação entre gêneros. Pode-se especular portanto que os processos viscerais, particularmente aqueles que não são hormonalmente mediados, como é o caso da defecação, devem ocorrer de modo semelhante em machos e fêmeas, pois os dois sexos de uma determinada espécie evoluíram paralelamente, utilizando fontes alimentares comuns.

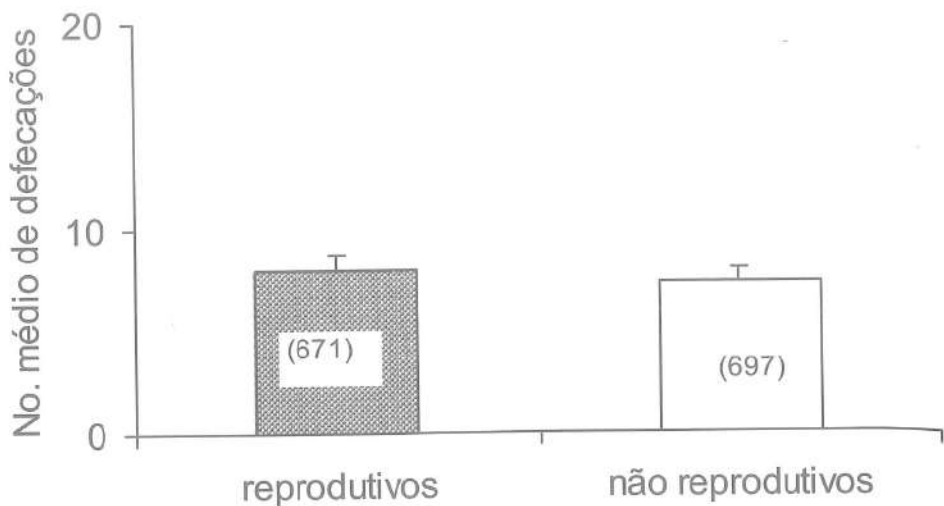


Figura 4. Número médio de defecações ( $\bar{x}$  + EPM) dos indivíduos reprodutivos (n= 14) e os não reprodutivos (n= 16) de sagüi comum, durante o período de estudo. Entre parênteses o número de defecações.

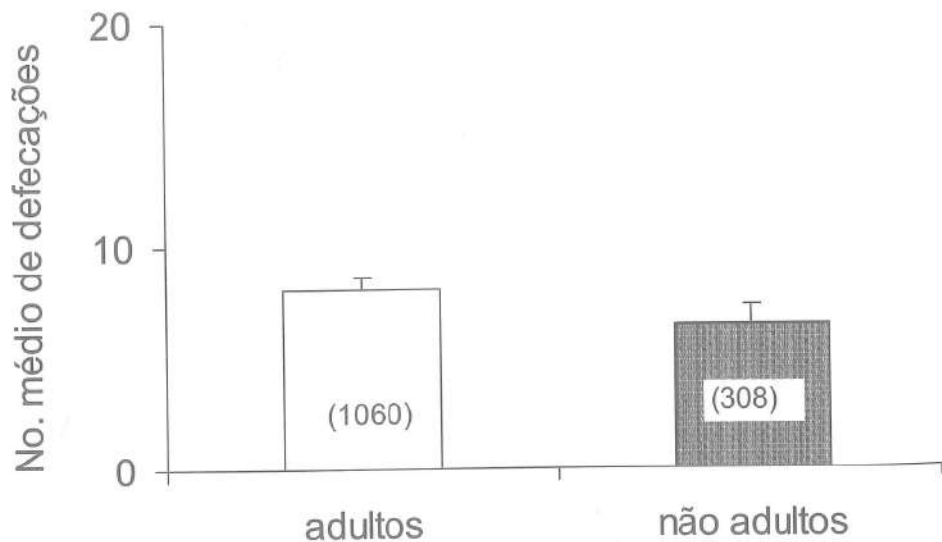


Figura 5. Número médio de defecações ( $\bar{x}$  + EPM) de animais adultos (n= 24) e não adultos (n= 6) de sagüi comum, durante o período de estudo. Entre parênteses o número de defecações.



## DISCUSSÃO

Estes resultados demonstram que há uma consistência no momento da primeira defecação dos animais da espécie *C. jacchus*, que ocorre nas primeiras horas da manhã, permitindo portanto o monitoramento hormonal de longo prazo na situação de cativeiro. Na situação de campo os resultados coletados até o momento para fêmeas também apontam na mesma direção (Sousa et al. 2002).

É interessante chamar atenção para o fato de que a defecação no sagüi comum, apresenta um perfil diurno de variação, à semelhança de outras variáveis fisiológicas (melatonina: Webley et al., 1989; cortisol: Sousa et al., 1998; testosterona: Kholkute, 1984) e comportamentais (atividade motora: Erkert, et al. 1991; catação social: Mota et al., 1993; Azevedo et al., 1997; cópulas: Sousa & Moisés, 1997; marcação de cheiro: Nogueira et al., (2001) desta espécie. Esta frequência aumentada dos episódios de defecação logo após o despertar dos animais provavelmente está associada a dois fatores principais. O primeiro se refere aos hábitos alimentares destes primatas que aumentam sua atividade de forrageio antes de se recolher para dormir (Alonso & Languth, 1989; Camarotti & Monteiro-da-Cruz, 1997), permanecendo durante a noite em repouso e sem defecar. Segundo, o novo aumento do forrageio dos animais ao despertar (Camarotti & Monteiro-da-Cruz, 1997), que deve estimular a ocorrência dos reflexos gastrocólico e duodenocólico, os quais desencadeiam a defecação pela chegada do alimento ao estômago e duodeno respectivamente (Guyton, 1999).

O padrão de defecação observado para animais subadultos e juvenis de ambos os sexos foi semelhante ao padrão adulto. Estes resultados demonstram que é possível realizar o monitoramento hormonal de animais em idade anterior ao estágio adulto de desenvolvimento, criando a oportunidade para o estudo do desenvolvimento ontogenético do amadurecimento endócrino e sua relação com a atividade comportamental.

Neste sentido, Peregrino et al. (1999), estudando a resposta adrenal de machos e fêmeas subadultas de sagüi comum, encontraram que cinco dos seis machos e duas das seis fêmeas testadas apresentaram variações significativas dos níveis de cortisol quando submetidas a variações no ambiente social (separação do grupo familiar). Resultados obtidos por Castro (2000) dosando a testosterona de animais adultos e juvenis, mostram que no material fecal, machos juvenis apresentam os níveis de testosterona mais baixos que os adultos, como demonstrado no plasma por Abbott (1978).

Do mesmo modo que a idade, nenhum efeito do sexo ou condição reprodutiva foi encontrado. A ausência de alteração no padrão de defecação associada ao sexo já era esperada, pois a resposta visceral, diferentemente daquela de natureza comportamental, deve ter sofrido menos pressões seletivas, apresentando menor possibilidade de variação entre gêneros. Pode-se especular portanto que os processos viscerais, particularmente aqueles que não são hormonalmente mediados, como é o caso da defecação, devem ocorrer de modo semelhante em machos e fêmeas, pois os dois sexos de uma determinada espécie evoluíram paralelamente, utilizando fontes alimentares comuns.

Segundo Box *et al.* (1999), o estudo de diferenças comportamentais entre sexos nos primatas calitriquídeos tem sido negligenciada. Estes autores apresentam resultados sobre diferenças relacionadas ao comportamento alimentar em sagüis e micos. Nos sagüis, as fêmeas reprodutivas têm o acesso preferencial ao alimento quando comparadas aos machos reprodutivos e as proles. Se os dados comportamentais são escassos, muito mais o são aqueles relacionados a diferenças entre gêneros na resposta visceral pura e hormonal. Em estudos com *C. khuli*, Smith & French (1997) mostraram que o perfil do cortisol urinário apresenta um padrão diurno de variação semelhante para machos e fêmeas, sendo que os níveis basais eram mais elevados nas fêmeas.

Em relação ao cortisol de machos e fêmeas de sagüi comum, Raminelli *et al.*, (2001) encontraram que as fêmeas de sagüi apresentam valores basais mais elevados do cortisol fecal do que os machos. Os autores atribuem estas achados às diferentes estratégias reprodutivas de machos e fêmeas desta espécie.

Em resumo, estas evidências apontam para a possibilidade de se poder coletar fezes de mais de um animal ao mesmo tempo, dada a alta probabilidade dos mesmos defecarem dentro do mesmo intervalo de tempo, bem como aponta para a oportunidade de se estudar o perfil hormonal em fezes de animais em estágios precoces do desenvolvimento, que antecedem à idade adulta.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos funcionários do Núcleo de Primatologia da UFRN: Edinólia Câmara, Antonio Barbosa da Silva, Edilma Chagas da Silva e ao veterinário José Flávio V. Coutinho. Agradecemos também, pelo auxílio na coleta de fezes, a Maria da Paz O. Costa, Ciro F. Neto e Silvana L. Nogueira. Somos gratos ainda a dois revisores anônimos que contribuíram para melhoria do trabalho e ao CNPq (Proc. n° 52.1186/97 e 301.309/84 e programa PIBIC) e à CAPES pelos recursos financeiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, D. H. 1978. The physical, hormonal and behavioural development of the common marmoset, *Callithrix jacchus jacchus*. In H. Rothe, H.J. Wolter & J.P. Hearn, (eds.). *Biology and Behaviour of Marmosets*, Göttingen, Eigenverlag, p. 99-106.
- ABBOTT, D. H. 1986. Social suppression of reproduction in subordinate marmoset monkeys (*Callithrix jacchus jacchus*). In M.T. MELLO (ed.). *A Primatologia no Brasil - 2*. Sociedade Brasileira de Primatologia/ Editora Universitária, Natal, p. 15-31.
- 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., Saltzman, W., Schultz-Darken, N. J. & Tannenbaum, P. L. 1998. Adaptations to subordinate status in female marmoset monkeys. *Comp. Biochem.*

- Physiol., C119: 261-274.
- ALONSO, C. & LANGGUTH, A. 1989. Ecologia e comportamento de *Callithrix jacchus* (Primates: Callitrichidae) numa ilha de floresta atlântica. *Rev. Nord. Biol.*, 6: 105-137.
- AZEVEDO, C. V. M., Queiroz, J. W., Menezes, A. A. L. & Moreira, L. F. S. 1997. Estudo da distribuição do comportamento de catação em grupos sociais cativos de sagüi (*Callithrix jacchus*, Primates: Callitrichidae) a partir de parâmetros cronobiológicos. In M.B.C. Sousa & A.A.L. Menezes (orgs.). *A Primatologia no Brasil - 6*. SBPr/Editora Universitária, Natal. p. 171-192.
- BOX, H. O.; YAMAMOTO, M. E.; LOPES, F.A. 1999. Gender differences in marmosets and tamarins: Responses to food tasks. *Int. J. Comp. Psychol.*, 12: 1-12.
- CAMAROTTI, F. L. M. & MONTEIRO DA CRUZ, M. A. O. 1997. Fatores ecológicos e comportamentais implicados na seleção e uso dos locais de pernoite de grupos de *Callithrix jacchus* em ambiente natural. In M.B.C. Sousa & A.A.L. Menezes (orgs.). *A Primatologia no Brasil - 6*. SBPr/Editora Universitária, Natal, p. 27-42.
- CASTRO, D. C. 2000. Estudo do perfil da excreção fecal da testosterona em machos de sagüi, *Callithrix jacchus* (Primate, Callitrichidae) vivendo em grupos familiares em cativeiro. Dissertação de Mestrado, Natal.
- DIXSON, 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.
- EISENBERG, J. F. 1978. Comparative ecology and reproduction of New World monkey. In D.G. Kleiman. *The Biology and Conservation of the Callitrichidae*, Washington, Smithsonian Institution Press, p.13-22.
- ERKERT, H. G., BOS, A., HENZLER, B. & KURZ, B. 1991. Circadian variation of excretion parameters in common marmosets (*Callithrix j. jacchus*). *Primate Report*, 31: 12.
- GUYTON, A. C. 1999. *Textbook of Medical Physiology*. 8 ed. Philadelphia: Saunders, cap. 63, 698-708.
- HARLOW, C. R., HEARN, J. P. & HODGES, J. K. 1984. Ovulation in the marmoset monkey: endocrinology, prediction and detection. *J. Endocr.*, 103: 17-24
- HEARN, J. P. 1978. The endocrinology of reproduction in the common marmoset, *Callithrix jacchus*. In D.G. KLEIMAN (ed.). *The Biology and Conservation of the Callitrichidae*, Washington, Smithsonian Institution Press, p. 163-171.
- HEARN, J. P. 1983. The common marmoset (*Callithrix jacchus*) IN: HEARN, J. P.(ed.). *Reproduction in New World primates. New models in medical science*. MTP press limited. England, 183-215.
- HEISTERMANN, M., KLEIS, E., PROVE, E. & WOLTERS, H. 1989. Fertility status, dominance, and scent marking behavior of family-housed female cotton-top tamarins (*S. oedipus*) in absence of their mothers. *Am. J. Primatol.*, 18: 177-189.
- KHOLKUTE, S. D. 1984. Diurnal and annual variations in plasma androgen levels in the adult male marmoset (*Callithrix jacchus*). *Int. J. Androl.*, 7: 431-438.
- MOTA, M. T., SOUSA, M. B. C. & CAMPOS, M. F. 1993. Variação circadiana no padrão de distribuição do "autogrooming" e do "allogrooming" em um casal do sagüi comum (*Callithrix jacchus*). In: *A Primatologia no Brasil*, v.4. Yamamoto,

- M.E. & M.B.C. Sousa (orgs.). Editora Universitária, Natal. pp. 81-92.
- NOGUEIRA, S.L., SOUSA, M.B.C., NETO, C.F.M. & COSTA, M.P.O. 2001. Diurnal variation in the scent marking behavior in captive male and female common marmosets, *Callithrix jacchus*. Biol. Rhythm Res., 32:169-177.
- PEREGRINO, H. A. S., SOUSA, M. B. C., OTTA, E., FREIRE, R. K. B., MELO, C. S. B. & FARAJ, A. A. 1999. Diferenças de gênero na função adrenal em resposta a variações no ambiente social em pares de gêmeos sub-adultos de *Callithrix jacchus*. Anais do IX Congresso Brasileiro de Primatologia, p. 28.
- 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 in among reproductive and non reproductive male and female common marmoset, *Callithrix jacchus*, males and females. Biol. Rhythm Res., 32:159-167.
- SALTZMAN, W., SCHULTZ-DARKEN, N. J. & ABBOTT, D. H. 1997. Familial influences on ovulatory function in common marmosets (*Callithrix jacchus*). Am. J. Primatol., 41: 1-21.
- SMITH, T. E. & FRENCH, J. A. 1997. Social and reproductive conditions modulate urinary cortisol excretion in black tuffed-ear marmosets (*C. kuhli*). Am. J. Primatol., 42:253-267.
- SOUSA, M. B. C. & MOISÉS, J. B. 1997. Variação diurna em comportamentos sócio-sexuais do sagüi, *Callithrix jacchus*. In M.B.C. Sousa & A.A.L. Menezes (orgs.). A Primatologia no Brasil - 6. SBPr/Editora Universitária, Natal, p. 155-170.
- SOUSA, M. B. C., RAMINELLI, J. L. F., CUNHA, M. S. & BARBOSA, M. F. V. 1998. Padrões de defecação e de variação diurna na excreção fecal de cortisol em machos e fêmeas adultas de sagüi, *Callithrix jacchus*: uma análise preliminar. Anais do XVI Encontro de Etologia, p. 54.
- SOUSA, M. B. C. & 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. 2002. Fecal collection in free-ranging common marmosets, *Callithrix jacchus*. Neotropical primates: 10:21-24.
- STEVENSON, M. F. & RYLANDS, A. B. 1988. The Marmosets, Genus *Callithrix*. In R.A. Mittermeier, A. B. Rylands, A. F. Coimbra-Filho & G.A.B. Fonseca (eds.) Ecology Behavior of Neotropical Primates. Littera Maciel, Contagem, p. 131-222.
- WEBLEY, G. E., ABBOTT, D. H., GEORGE, L. M., HEARN, J. P. & MEHL, H. 1989. Circadian pattern of plasma melatonin concentrations in the marmoset monkey (*Callithrix jacchus*). Am. J. Primatol., 17:73-79.
- ZIEGLER, T. E., SCHEFFLER, G., WITTEW, D. J., SCHULTZ-DARKEN, N. J., SNOWDON, C. T. & ABBOTT, D. H. 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: 91-99.

**CATAÇÃO DO MACHO REPRODUTOR EM UM GRUPO DE SAGÜIS  
(*CALLITHRIX JACCHUS*) DURANTE A GESTAÇÃO E PÓS-PARTO DA  
FÊMEA REPRODUTORA: UMA ABORDAGEM TEMPORAL.**

CAROLINA V. M. AZEVEDO<sup>1</sup>, CHRISTINA S. CAMILLO<sup>1</sup>, CARLOS A.  
XAVIER<sup>1</sup>, LUCIO F. MOREIRA<sup>1</sup> & NELSON MARQUES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Cronobiologia, Depto. de Fisiologia, Centro de Biociências, UFRN.

<sup>2</sup>GMDRB, Depto. de Fisiologia/ICB e Depto. de Clínica Médica, FM/ USP.

Carolina Virginia Macêdo de Azevedo. Caixa Postal 1511 59072-970 Natal/RN

E-mail: carolina@cb.ufrn.br

**RESUMO**

Com o objetivo de descrever a autocatação e as interações de catação feita pelo macho reprodutor em uma família de sagüis (*Callithrix jacchus*) durante a gestação e pós-parto da fêmea reprodutora, numa abordagem temporal, foi observado um macho reprodutor em um grupo familiar no Núcleo de Primatologia da UFRN (Natal, RN 05°46'S 35°12'W), sob condições de temperatura, iluminação e umidade naturais, através do método focal contínuo, durante toda a fase ativa. As observações foram realizadas em dois dias não consecutivos por semana durante duas gestações e pós-partos não consecutivos da fêmea reprodutora. Estes comportamentos foram comparados em valores diários e horários através do teste Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ). Nos totais diários, o macho reprodutor teve como comportamento preferencial a catação feita à fêmea reprodutora, enquanto que a comparação da autocatação e da catação feita em cada animal a cada hora mostrou resultados divergentes. Em algumas situações, as diferenças apontadas pelos totais diários não foram observadas em nenhum horário do dia. Em outros casos a diferença apontada nos totais diários foi observada apenas em dois a quatro horários do dia. Em outras fases, os comportamentos ou parceiros considerados como preferenciais a cada hora alternaram-se entre o primeiro e o segundo lugar da preferência diária. Em outros momentos, foi observada uma predominância da preferência diária ao longo dos horários da fase ativa, tendo como segundo lugar parceiros colocados em posições posteriores nos totais diários. Estes dados sugerem que as durações da autocatação e da catação feita pelo macho reprodutor em cada membro do grupo modificam-se ao longo da fase ativa, sem um padrão temporal definido, nas diferentes condições reprodutivas da fêmea reprodutora.

**Palavras-chave:** cronobiologia, gestação, pós-parto, catação, animais reprodutores, *Callithrix jacchus*

## ABSTRACT

**Grooming by reproductive male in common marmoset (*Callithrix jacchus*) during the pregnancy and post-partum of the reproductive female: a temporal approach.** To describe the autogrooming and allogrooming interactions of the reproductive male in a common marmoset (*Callithrix jacchus*) family during the pregnancy and post-partum of the reproductive female, in a temporal approach, one reproductive male was observed in a family group kept at the marmosets colony of the UFRN (Natal, RN 05°46'S 35°12'W) under natural environmental conditions. The animal was observed by focal continuous sampling throughout the active phase during two non-consecutive days per week, at two non-consecutive pregnancies and post-partum of the reproductive female. Autogrooming and allogrooming directed to each animal were compared on daily and hourly values by Kruskal-Wallis test ( $p < 0,05$ ). On daily values, the preferential behavior of the male was grooming the reproductive female. The comparison of auto- and allogrooming interactions in each animal at daily and hourly duration presents divergent results. In some situations, the differences suggested by the daily duration were not found at any hour of the day and in others, these differences were found at two or four hourly intervals. At other phases, the behaviors or preferential partners at each hour, alternates between the first and the second place on the daily preference. Sometimes the daily preferential partner predominates at the hours of the active phase and the second partner is an animal that present subsequent positions on daily classification. These data suggests the occurrence of modifications on duration of autogrooming and allogrooming interactions throughout the active phase without a defined temporal pattern during the different reproductive conditions of the reproductive female. **Key words:** chronobiology, pregnancy, post-partum, grooming, reproductive animals, *Callithrix jacchus*

## INTRODUÇÃO

De acordo com Horwich (1980), as atividades de um animal não ocorrem de forma aleatória ao longo do dia, mas se expressam como uma seqüência temporal ordenada baseada na associação funcional de comportamentos. Assim, a atividade locomotora, a alimentação, o repouso e os comportamentos sociais distribuem-se ao longo do tempo, ocorrendo, em geral, em horários previsíveis durante o dia, com uma organização temporal rítmica favorecendo a adaptação dos organismos a um ambiente essencialmente cíclico.

No sagüi (*Callithrix jacchus*), a atividade locomotora e os comportamentos de beber (Saito *et al.*, 1983), marcação de cheiro (Nogueira *et al.*, 1999), alimentação (Petry *et al.*, 1987) e catação têm periodicidade circadiana. Além disto, a atividade locomotora e a catação mostram periodicidade ultradiana (grupos cativos: Azeve-

do *et al.*, 1996 e no campo: Castro, 1994). A presença destas periodicidades sugerem a existência de uma organização temporal nas atividades desta espécie.

A catação alcança as maiores durações pela manhã em animais isolados (Azevedo *et al.*, 1997a; Menezes *et al.*, 1993), acasalados (Azevedo *et al.*, 1997a; Mota *et al.*, 1993; Sousa & Moisés, 1997), e agrupados em cativo (Azevedo *et al.*, 1996) e livres (Castro *et al.*, 1997), assim como as maiores frequências, em grupos cativos (Menezes *et al.*, 1994).

Num estudo preliminar, as durações dos episódios de catação entre os membros de uma família de sagüis foram analisadas durante a fase ativa. Nos horários onde a catação alcançou as maiores durações, o macho adulto teve a fêmea reprodutora como parceira preferencial, enquanto que nos horários com durações intermediárias, suas preferências foram a fêmea e sua filha subadulta (Azevedo *et al.*, 1995). Estes resultados sugerem que a duração das interações de catação no grupo podem variar durante a fase ativa.

Estudos que não levam em consideração o padrão circadiano da catação mostram que as interações de catação ocorrem com alta frequência e duração entre o par reprodutor em grupos de sagüis (Box, 1975a, 1975b, 1978; Ingram, 1978; Woodcock, 1978). Estudos cronobiológicos (Azevedo *et al.*, 1997a; Azevedo *et al.*, 1997b; Mota *et al.*, 1993; Sousa & Moisés, 1997) e não-cronobiológicos (Box, 1975a, 1975b) revelam variação entre pares a respeito de qual animal realiza e recebe mais catação, em alguns casos o macho participa mais como catador, em outros menos, ou ainda pode não ter diferenças em relação à fêmea. Geralmente, em animais mantidos aos pares ou em grupos maiores o macho reprodutor atua como principal catador e a fêmea reprodutora como catado (Ingram, 1978; Rothe, 1971; Silva & Sousa, 1997; Woodcock, 1978, 1982). De uma forma geral, a participação da prole aumenta com a idade (Box, 1975a, 1975b; Woodcock, 1978).

A frequência e a duração da catação recebida pela fêmea reprodutora modificam-se durante suas diferentes condições reprodutivas (Rothe, 1971, 1974; Dixson & Lunn, 1987; Woodcock, 1978). Na gestação, foi descrito um aumento nos níveis de catação direcionada à fêmea, principalmente próximo ao parto, em grupos cativos (Woodcock, 1978).

Freqüentemente durante a amamentação, as fêmeas de calitriquídeos podem ovular poucos dias após o parto. No gênero *Callithrix* isto pode ocorrer em torno do 3º ao 20º dia após o nascimento dos filhotes (Stevenson & Rylands, 1988: 3º ao 10º dia; Dixson & Lunn, 1987: 10º ao 18º dia). Nesta fase, denominada de estro pós-parto, estudos relatam um aumento na catação recebida pela fêmea de sagüis (Rothe, 1974; Dixson & Lunn, 1987). Contudo, esta elevação não é observada na ausência de concepção (Dixson & Lunn, 1987). De uma forma geral, a catação é maior em casais em que há concepção (Dixson & Lunn, 1987; Silva e Sousa, 1997). Esta relação entre catação e concepção pode estar relacionada a um possível papel da catação como sinalizador da ligação do par, que nesta espécie

influencia o sucesso reprodutivo (Silva e Sousa, 1997).

A catação em sagüis varia durante a fase ativa, modificando-se de acordo com a condição reprodutiva da fêmea. Assim, este estudo tem como objetivo descrever a autocatação e as interações de catação do macho reprodutor em uma família de sagüis durante a gestação e pós-parto da fêmea reprodutora, numa abordagem temporal.

## MÉTODOS

### Animais

Foi observada uma família de sagüis (*Callithrix jacchus*) em cativeiro no Núcleo de Primatologia da UFRN (Natal, RN; 05°46'S; 35°12'W). No início do estudo, a família era formada por quatro animais, todos nascidos em cativeiro. Durante o estudo ocorreram mudanças em sua composição, com o óbito do macho subadulto e o nascimento de três proles sucessivas (Tabela 1). A idades foram determinadas a partir do critério adotado por Ingram (1977) e Stevenson & Rylands (1988) adaptado por Yamamoto (1993).

Tabela 1. Composição da família durante as diferentes fases do estudo.

Idade	G1	P1	G2	P2
Adultos				
Reprodutores		M311 F314	M311 F314	M311 F314
Não-reprodutores			F468	F468
Subadultos	M475 F468	M475** F468		
Juvenis	M561			M561
Infantes	M561*		M559 M589*** F564****	M559 M589 F564 M635* F612*

M = macho; F = fêmea; \* Filhotes recém-nascidos; \*\* Óbito entre as gestações 1 e 2; \*\*\* Nascimento entre as gestações observadas. G1 = gestação 1; P1 = pós-parto 1; G2 = gestação 2; P2 = pós-parto 2.

### Condições de manutenção

Os animais foram submetidos às condições de temperatura, iluminação e umidade ambientais naturais. O grupo foi mantido em uma gaiola construída em alvenaria e tela de arame medindo 2,00 x 2,00 x 2,00 m, equipada com pranchas de



madeira, corda, poleiros, cesta, plataformas em concreto, bebedouro, caixa ninho e visor unidirecional. A gaiola era dividida ao meio por uma divisória de alvenaria que possuía uma janela, através da qual os animais podiam passar de uma subdivisão à outra.

Os animais tiveram água *ad libitum*. A alimentação era colocada duas vezes ao dia. Pela manhã os animais recebiam uma papa (leite, pão, soja e ovos, suplementada com vitaminas A, C, E e D) e à tarde, uma porção de frutas tropicais frescas. Duas vezes na semana os animais recebiam uma suplementação alimentar à base de proteína animal (ovos, carne de frango, fígado e tenébrio - *Tenebrio molitor*), em torno do meio dia ou adicionada à alimentação matinal. Os horários de colocação dos alimentos eram irregulares para evitar a sincronização do comportamento pelos horários de alimentação.

### Coleta de dados

O macho reprodutor foi observado através do método focal contínuo (Altmann, 1974), ao longo da fase ativa. Esta se iniciava com a saída da caixa-ninho (entre 4:30 e 5:00 h) e era finalizada com a sua entrada (entre 17:00 e 18:00h), no final da fase de claro do dia. As observações foram realizadas apenas na fase ativa, na medida em que estes animais apresentam atividade estritamente diurna (Erkert, 1989; Menezes et al., 1993).

As observações ocorreram em dois dias não consecutivos por semana, durante duas gestações (G1 e G2: cinco quinzenas finais) e pós-partos (P1: quatro quinzenas iniciais e P2: primeira quinzena), não consecutivos, da fêmea reprodutora. No pós-parto dois a fêmea engravidou, sendo observada apenas a primeira quinzena.

Durante as observações as durações dos episódios de autocatenação e de catação feita pelo macho reprodutor em cada animal foram registradas com o auxílio do computador de bolso Psion LZ 64, sendo anotada a identidade do animal catador. Para a realização dos registros comportamentais na gestação e pós-parto um foi utilizado o programa Observer 3.0 (Noldus Information Technology, 1993). Devido a limitações do programa, com o aumento do tamanho do grupo nas fases seguintes, as observações foram realizadas utilizando-se um programa desenvolvido por Dr. John Fontenele Araújo (Azevedo, 1999).

### Análise estatística

As durações dos episódios de autocatenação e de catação feita pelo macho reprodutor em cada animal foram totalizadas a cada hora e transformadas em percentuais diários e horários, gerando valores representativos do dia e de cada hora do dia, respectivamente.

Os percentuais obtidos a partir da duração da autocatenação e das interações

de catação do macho reprodutor com cada animal foram comparados entre si pelo teste Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ). Este teste não-paramétrico foi utilizado na medida em que os dados não apresentaram uma distribuição normal.

A comparação através do teste Kruskal-Wallis foi realizada em duas etapas: a) inicialmente comparando os percentuais totais diários da autocatação e das interações de catação com cada membro do grupo e, b) posteriormente, comparando os percentuais totais destes comportamentos a cada hora. Esta comparação dos comportamentos a cada hora do dia teve como objetivo descrever a distribuição temporal diária destas atividades. Para a descrição do comportamento que ocorreu com maior duração no dia ou a cada hora (autocatação ou catação feita a determinado membro do grupo), foram considerados os dois primeiros lugares de classificação sugeridos pelo teste. Quando as interações de catação obtiveram os dois primeiros lugares no teste, os animais envolvidos nestas interações foram considerados os parceiros preferenciais do macho nas interações de catação, sendo analisados apenas o primeiro e o segundo parceiros preferenciais ( $p < 0,05$ ).

Para uma melhor visualização dos resultados os mesmos foram representados graficamente na forma de percentuais médios diários e horários.

## RESULTADOS

Quando comparados os percentuais totais diários, a catação feita à fêmea reprodutora mostrou-se como preferencial em relação à autocatação e à catação feita aos demais membros do grupo durante as duas gestações e pós-partos ( $p < 0,05$ , ver Tabela 2). Em segundo lugar foi classificada a autocatação nas duas gestações. No entanto, em relação ao pós-parto isto foi observado apenas na fase 1. Na fase 2, a catação aos filhotes recém-nascidos ficou em segundo lugar na classificação sugerida pelo teste Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ). A catação feita aos outros animais foram classificadas em lugares posteriores ( $p < 0,05$ ). Estas preferências em relação à autocatação ou a catação feita a cada animal podem ser melhor visualizadas através dos gráficos apresentados nas figuras 1 e 2.

Entretanto, quando estes comportamentos são comparados a cada hora do dia são obtidos resultados divergentes em relação aos totais diários. Em algumas horas do dia as diferenças apontadas pelos totais diários não foram observadas (G1: 4, 15 e 17 horas; P1: 4, 5, 16 e 17 horas; G2: 4 e 17 horas e P2: 4, 5, 8, 11, 13, 14, 15 e 17 horas, ver Tabela 1). Em outras situações, a diferença apontada nos totais diários é observada apenas em dois a quatro intervalos horários do dia (G1, P1 e P2, ver Tabela 2).

Em outros casos, os comportamentos ou parceiros considerados como preferenciais nos totais diários alternaram-se entre o primeiro e o segundo lugar na preferência horária (G2: 10 e 11 horas). Em outros momentos, parceiros que foram classificados em lugares posteriores surgem como primeiro (G2: 9 horas) ou como

segundo lugares. Esta última situação pode ser observada em diversos horários em todas as fases observadas (ver Tabela 2). De uma forma geral, a preferência à fêmea foi mantida na maioria destes horários. Estas preferências ao longo das horas do dia podem ser melhor visualizadas nas figuras 1 e 2. Nestas figuras estão representados nos percentuais médios horários, apenas os animais tidos como primeiro e segundo parceiros preferenciais.

Tabela 2. Classificação das durações dos episódios de autocatação e de catação feita a cada membro do grupo sugerida pelo teste Kruskal-Wallis (1°/2° lugar).

Fases	G1	P1	G2	P2
PercentuaisDiários	FR / AUT *	FR / AUT *	FR/AUT *	FR/FIL *
PercentuaisHorários				
4 h	NS	NS	NS	NS
5 h	FR/MNR *	NS	FR/AUT *	NS
6 h	FR / AUT *	FR/FIL *	FR/AUT *	FR/AUT *
7 h	FR/AUT *	FR/FIL *	FR/AUT *	FR/AUT *
8 h	FR/AUT *	FR/AUT *	FR/AUT *	NS
9 h	FR/FNR *	FR/AUT *	MJUV1/FR *	FR/FIL *
10 h	FR/FNR *	FR/MNR *	AUT/FR *	FR/AUT *
11 h	FR/MNR *	FR/MNR *	AUT/FR *	NS
12 h	FR/FNR *	FR/FIL *	FR/AUT *	FR/FIL *
13 h	FR/MNR *	FR/AUT *	FR/AUT *	NS
14 h	FR/FNR *	FR/FIL *	FR/MJUV1 *	NS
15 h	NS	FR/AUT *	FR/AUT *	NS
16 h	FR/AUT *	NS	FR/AUT *	FR/AUT *
17 h	NS	NS	NS	NS

\*  $p < 0,05$ ; NS= $p > 0,05$ ; AUT=autocatação; FR= catação feita à fêmea reprodutora; MNR = catação feita ao macho não-reprodutor; FNR= catação feita à fêmea não-reprodutora; FIL = catação feita aos filhotes recém-nascidos; MJUV1= catação feita ao macho juvenil 1.

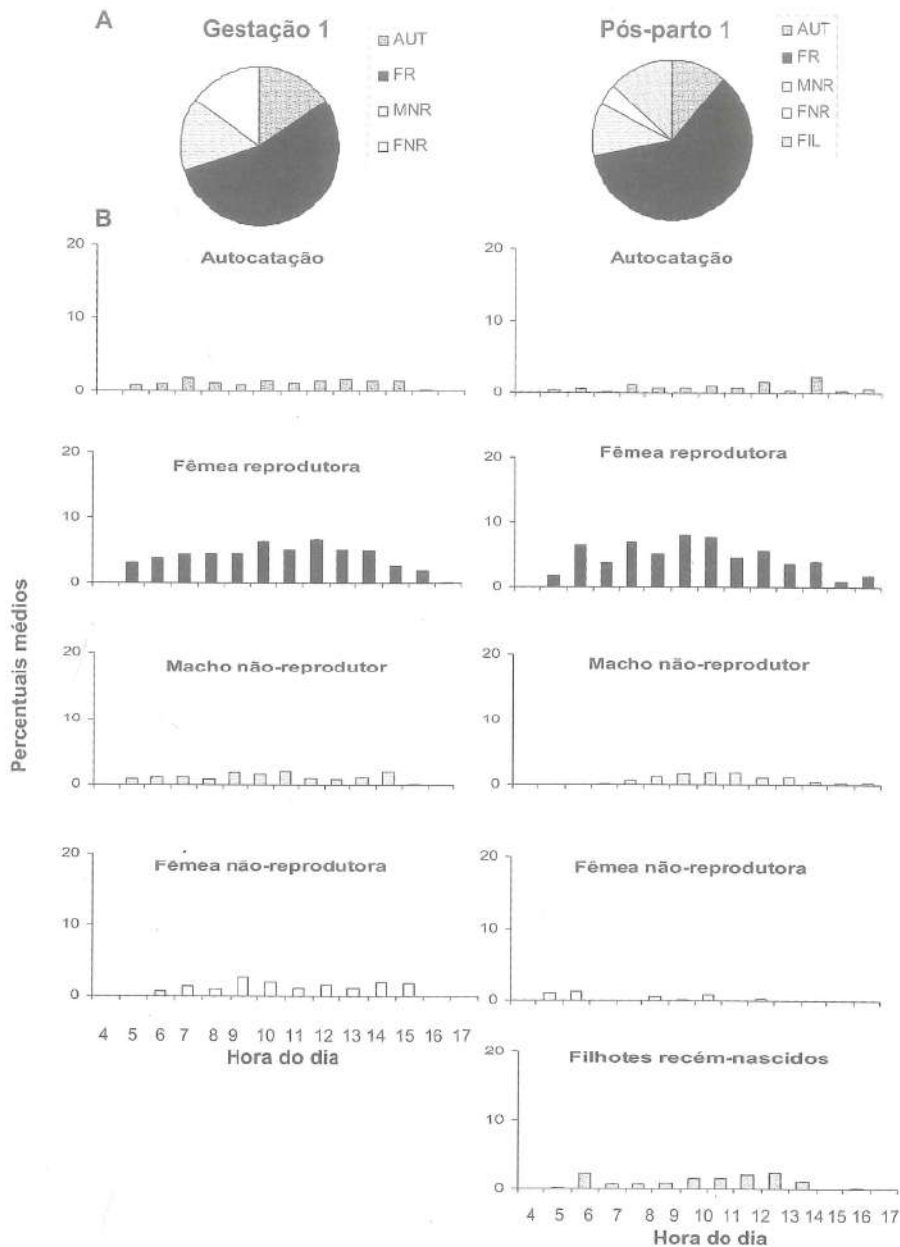


Figura 1 - Percentuais médios diários (A) e horários (B) da duração da autocatação e da catação feita pelo macho reprodutor a cada membro do grupo, durante a gestação e pós-parto 1. (Autocatação (AUT); Comportamentos de catação feita: fêmea reprodutora (FR), fêmea não-reprodutora (FNR), macho não-reprodutor (MNR) e recém-nascidos (FIL).

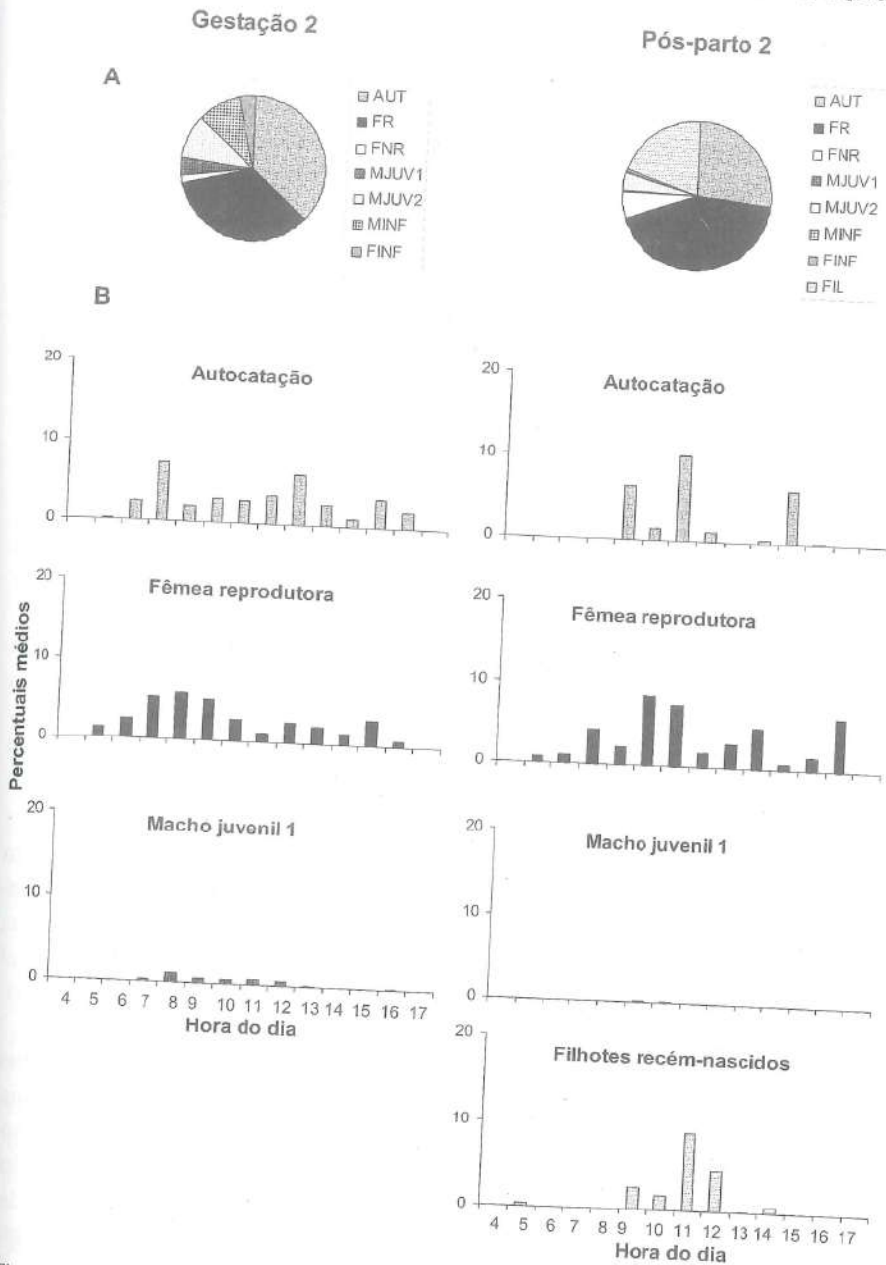


Figura 2 - Percentuais médios diários (A) e horários (B) da duração da autocatação e da catação feita pelo macho reprodutor a cada membro do grupo, durante a gestação e pós-parto 2. (Autocatação (AUT); Comportamentos de catação feita: fêmea reprodutora (FR), fêmea não-reprodutora (FNR), machos juvenis 1 (MJUV1) e 2 (MJUV2), infantis macho (MIF) e fêmea (FINF), e recém-nascidos (FIL).

## DISCUSSÃO

Neste estudo, o macho reprodutor teve a fêmea reprodutora como parceira preferencial de catação feita ao longo das diferentes condições reprodutivas, quando considerados os percentuais diários deste comportamento. Estes resultados são semelhantes a anteriores, que mostram que a catação predomina entre o par reprodutor em sagüis (Box, 1975a, 1975b, 1978; Ingram, 1978; Woodcock, 1978), de forma que os animais direcionam os maiores níveis de catação ao seu parceiro reprodutivo (Woodcock, 1978). Nos grupos, o macho atua mais como catador e a fêmea como animal catado e estas interações têm importância na manutenção da ligação entre o par (Silva & Sousa, 1997). Em alguns casos pode ser direcionada à prole mais velha (Ingram, 1978; Woodcock, 1978) ou aos recém-nascidos, como observado no pós-parto dois deste estudo. A catação aos recém-nascidos pode estar associada ao cuidado parental.

Quando os percentuais são comparados a cada hora, não são observadas diferenças estatisticamente significativas entre a autocatação e as interações de catação do macho reprodutor em todos os horários. Nas horas em que são observadas diferenças, a autocatação ou os parceiros de catação podem ter uma classificação semelhante à sugerida nos totais diários, mas algumas vezes se alternam entre o primeiro e o segundo lugar da preferência diária. Em outras situações, o parceiro preferencial diário predomina nos horários da fase ativa, porém a segunda preferência mostra parceiros classificados em posições posteriores pelo teste Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ).

Estes resultados sugerem que as interações de catação e a autocatação em grupos de sagüis podem modificar ao longo do dia, embora não fique claro um padrão definido para a ocorrência destas preferências durante a fase ativa nas diferentes condições reprodutivas estudadas. Isto levanta a necessidade de cuidados na análise das interações de catação entre sagüis, quer quando se considera o total diário do comportamento, quer quando são realizadas observações curtas e restritas a poucos horários da fase ativa do animal.

Desta forma, o uso de abordagens de coleta e análise de dados diferentes podem levar a resultados diversos. Box (1975a), ao observar grupos de sagüis, enfatiza que nos estudos de interações sociais em grupos de primatas em laboratório, faz-se necessário uma análise inicial nas atividades gerais do grupo, coletando-se amostras ao longo do dia no sentido de se obter um padrão geral de suas atividades. Azevedo *et al.* (1997b) discutem a importância da análise do comportamento numa perspectiva temporal, ressaltando a necessidade de distribuição das observações em estudos comportamentais em intervalos regularmente espaçados ao longo do dia para descrição de seus padrões. Estas considerações são de fundamental importância em estudos de comportamento animal.

Apesar de não serem encontrados horários preferenciais específicos para

interações com cada membro do grupo, observa-se uma tendência para o macho ter a fêmea reprodutora como parceira preferencial na maioria dos intervalos horários em que são encontradas diferenças estatisticamente significativas. Entretanto, não foi encontrado um padrão regular na distribuição diária destas interações durante as fases reprodutivas da fêmea. Esta preferência torna-se marcante no pós-parto dois em que o macho apresenta uma tendência a redução dos níveis de catação feita aos demais membros do grupo, mas conserva em quase a metade dos horários do dia a fêmea como parceira preferencial. Esta foi a única situação no estudo em que foi detectado estro pós-parto sucedido por gestação (Azevedo *et al.*, no prelo). Esta relação entre o macho e a fêmea pode estar relacionada ao papel da catação na manutenção da ligação do par, como citado anteriormente.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, sugere-se que a distribuição temporal da catação feita pelo macho reprodutor é flexível, podendo mudar em algumas situações. A modulação do comportamento de catação pelos aspectos sociais lhe confere uma plasticidade temporal que, aliada às suas importantes funções sociais, pode ser vantajosa para os animais, permitindo a organização das atividades ao longo do tempo de forma dinâmica, adequando-as à vida social.

As interações sociais em grupos familiares, não só de primatas mas de outros vertebrados sociais, são caracterizadas por um processo dinâmico. De acordo com Emlen (1997), grupos familiares seriam inerentemente instáveis, tendendo a se formar ou a expandir diante de uma diminuição das oportunidades reprodutivas para a prole madura, tendendo a reduzir ou a se romper na medida em que as possibilidades de reprodução fora do grupo se tornassem disponíveis. Sendo a viabilidade de reprodução um aspecto fundamental para o animal, este priorizaria as atividades mais importantes para o seu sucesso reprodutivo, como por exemplo, a manutenção das interações com o parceiro reprodutivo e o cuidado parental.

A plasticidade temporal da autocatação e das interações de catação entre sagüis pode sugerir tanto a inexistência de um padrão temporal nestes comportamentos, quanto a existência de um padrão que sofreria modulação em sua expressão pelos fatores sociais. Levando-se em consideração que a catação apresenta funções sociais importantes entre os primatas, sendo uma ferramenta usada para a compreensão da dinâmica social (D'Amato *et al.*, 1982), é de fundamental importância para o animal flexibilizar sua expressão temporal, na medida em que as interações sociais em grupos familiares são bastante dinâmicas.

A análise dos resultados obtidos neste trabalho aponta ainda a necessidade de estudos complementares com um maior número de grupos controlando os fatores que poderiam interferir na expressão temporal das interações de catação do par reprodutor. Isto teria o objetivo de investigar também a possível presença de variações de ordem infradiana em sua expressão. Os dados descritos na literatura sugerem a presença de variações de ordem infradiana no comportamento de catação (Dixon & Lunn, 1987; Rothe, 1974). Na medida em que o ciclo ovariano foi

observado na fêmea reprodutora apenas em uma fase do trabalho (Azevedo *et al.*, 2001), são necessários estudos adicionais para verificar possíveis variações na expressão diária da catação durante esta fase.

A plasticidade do padrão temporal pode trazer vantagens para o animal, na medida em que lhe permite organizar suas atividades ao longo do tempo, priorizando as mais importantes para o seu sucesso reprodutivo, como por exemplo o cuidado parental, a manutenção das relações com o parceiro reprodutor e o seu posto reprodutivo, além de permitir uma flexibilidade do comportamento de catação na dinâmica da vida social. A partir dos resultados obtidos sugere-se que a autocatação e as interações de catação entre o macho e os demais membros do grupo modificam-se ao longo do dia, podendo gerar diferenças na análise de dados comportamentais se não for realizada uma abordagem temporal.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a contribuição de Eric Santos, Ivana Teixeira, Jeferson Calvalcante, João Pedro Macêdo, Kaiser Magalhães, Leonardo Bezerra, Magnus Cunha, Nari Pereira, Paulo Moraes e Rani Pereira na coleta de dados. Agradecemos também a Antonio Barbosa, Geniberto dos Santos e à Edinólia Câmara pelo apoio técnico e a Flávio Coutinho pelo cuidado veterinário dos animais.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behavior*, 49: 227-267.
- AZEVEDO, C.V.M., BENEDITO-SILVA, A.A., QUEIROZ, J.W., MENEZES, A.A.L. & MOREIRA, L.F.S. 1995. Distribuição temporal do grooming em um grupo familiar de sagüi comum (*Callithrix jacchus*): alterações frente à doença da fêmea reprodutora. In Encontro Anual de Etologia, XIII. Pirassununga, 1995. Anais do XIII Encontro Anual de Etologia, p. 420.
- AZEVEDO, C.V.M., MENEZES, A.A.L., QUEIROZ, J.W. & MOREIRA, L.F.S. 1996. Circadian and ultradian periodicities of grooming behavior in family groups of common marmosets (*Callithrix jacchus*) in captivity. *Biol. Rhythms Res.*: 27:374-385.
- AZEVEDO, C.V.M., BRAGA, K.R.G., SILVA, L.C., SILVA, R.P., MENEZES, A.A.L. & MOREIRA, L.F.S. 1997a. Influência de fatores sociais no ritmo circadiano de catação do sagüi comum (*Callithrix jacchus*) em cativeiro. In S.F. Ferrari & H. Schneider (Eds.). *A Primatologia do Brasil - 5. Ed. Universitária/UFPA*, Belém. p. 269-277.
- AZEVEDO, C.V.M., QUEIROZ, J.W., MENEZES, A.A.L. & MOREIRA, L.F.S. 1997b. Estudo da distribuição do comportamento de catação em grupos sociais cativos de sagüis (*Callithrix jacchus*, Primates: Callitrichidae) a partir de parâmetros cronobiológicos. In M.B.C. Sousa & A.A.L. Menezes (Eds.). *A Primatologia do Brasil -6. EDUFRN/SBPr*, Natal, p. 171-192.



- AZEVEDO, C.V.M., CAMILLO, C.S., XAVIER, C.A., MOREIRA, L.F.S., SOUSA, M.B.C. & MARQUES, N. 2001 Grooming's circadian rhythmicity, progesterone levels and partner preference of the reproductive pair of a common marmoset (*Callithrix jacchus*) family group during pregnancy and after parturition. *Biol. Rhythms Res.*, 32:145-157
- BOX, H. 1975a. Quantitative studies of behavior within captive groups of marmoset monkeys (*Callithrix jacchus*). *Primates*, 16: 155-174.
- BOX, H. 1975b. A social developmental study of young monkeys (*Callithrix jacchus*) within a captive family group. *Primates*, 16: 419-435.
- BOX, H. 1978. Social behavior in the common marmoset monkey (*Callithrix jacchus*). *Biol. Hum. Affairs*, 43: 51-64.
- CASTRO, C.S.S. 1994. Estudo dos ritmos biológicos dos comportamentos de atividade locomotora e catação no sagüi comum (*Callithrix jacchus*, Linneaus, 1758) em ambiente natural. Natal, 108 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- CASTRO, C.S.S., MENEZES, A.A.L., QUEIROZ, J.W. & MOREIRA, L.F.S. 1997. Estudo dos ritmos biológicos da catação no sagüi comum (*Callithrix jacchus*) em ambiente natural. In S.F. Ferrari & H. Schneider (Eds.). *A Primatologia do Brasil - 5*. Ed. Universitária/UFPA, Belém, p. 269-277.
- D'AMATO, F.R., TROISI, A., SCUCCHI, S. & FUCCILLO, R. 1982. Mating season influence on allogrooming in a confined group of Japanese macaques: a quantitative analysis. *Primates*, 23: 220-232.
- DIXSON, 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.
- HORWICH, R.H. 1980. Behavioral rhythms in the nilgiri langur, *Presbytis johnii*. *Primates*, 21: 220-229.
- INGRAM, J. 1978. Social interactions within marmoset family groups. In W. Behann, D.J. Chiven. & J. Herbert (Eds.). *Recent Advances in Primatology*. Academic Press, London, p. 145-149.
- MENEZES, A.A.L., MOREIRA, L.F.S., AZEVEDO, C.V.M., COSTA, S.F. & CASTRO, C.S.S. 1993. Behavioral rhythms in the captive common marmoset (*Callithrix jacchus*) under natural environmental conditions. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 26: 741-745.
- MENEZES, A.A.L., MOREIRA, L.F.S., QUEIROZ, J.W., MENNA-BARRETO, L.S. & BENEDITO-SILVA, A.A. 1994. Diurnal variation and distribution of grooming behavior in captive common marmoset families (*Callithrix jacchus*). *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 27: 61-65.
- MOTA, M.T., SOUSA, M.B.C. & CAMPOS, M.F. 1993. Variação circadiana no padrão de distribuição do "autogrooming" e do "allogrooming" em um casal do sagüi comum (*Callithrix jacchus*). In M.E. Yamamoto & M.B.C. Sousa (Eds.) *A Primatologia no Brasil - 4*. Ed. Universitária, Natal, p. 81-92.
- PETRY, V.H., RIEHL, I. & ZUCKER, H. 1987. Spontaneous activity and eating behavior in common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Z. Versuchstierkd.*, 29: 15-25.
- ROTHER, H. 1971. Some remarks on the spontaneous use of the hand in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Proc. 3rd. Int. Cong. Primat.*, Zurich, 3: 136-141.

- ROTHER, H. 1974. Allogrooming by adult *Callithrix jacchus* in relation to postpartum oestrus. *J. Human Evol.*, 3: 535-540.
- SAITO, T.R., KATSUYAMA, M., MURAKOSHI, H., KOIDE, M., YAMAGUCHI, T. & TAKAHASHI, K.W. 1983. Patterns of drinking behavior in the common marmosets, *Callithrix jacchus jacchus*. *Zool. Magazine*, 92: 216-218.
- SILVA, H.P.A. & SOUSA, M.B.C. 1997. The pair-bond formation and its role in the stimulation of reproductive function in female common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Internat. J. Primatol.*, 18: 387-400.
- SOUSA, M.B.C. & MOISÉS, J.B. 1997. Variação diurna em comportamentos sócio-sexuais do sagüi, *Callithrix jacchus*. In M.B.C. Sousa & A.A.L. Menezes (Eds.), *A Primatologia no Brasil - 6*. EDUFRRN/SBPr, Natal, p. 155-170.
- WOODCOCK, A.J. 1978. Allogrooming relationships in captive groups of common marmosets (*Callithrix jacchus*). In H. Rothe, H.J. Wolters & J.P. Hearn (Eds.) *Biology and Behaviour of Marmosets*. Eigenverlag Hartmut Rothe, Göttingen, p. 161-179.
- WOODCOCK, A.J. 1982. The first weeks of cohabitation of newly-formed heterosexual pairs of common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Folia Primatol.*, 37: 228-254.
- YAMAMOTO, M.E. 1993. From dependence to sexual maturity: the behavioural ontogeny of Callitrichidae. In A.B. Rylands (Ed.). *Marmosets and Tamarins: Systematics, Behaviour and Ecology*. Oxford University Press, Oxford, p. 235-257.

## INVESTIGANDO O POTENCIAL COGNITIVO DO MACACO-PREGO (*CEBUS APELLA*)

MARIA CLOTILDE H. TAVARES, MICHELLINE C. RESENDE, ANA CAROLINE M. BARROS, MÁRCIA S. VERBURG & CARLOS TOMAZ  
Centro de Primatologia e Deptº de Ciências Fisiológicas, Universidade de Brasília. CFS/ IB – UnB, Asa Norte, 70.910-900, Brasília – DF.

### RESUMO

Primatas são, por excelência, os melhores modelos para o estudo das funções cognitivas superiores devido ao paralelismo fisiológico e comportamental que apresentam em relação aos humanos. Tradicionalmente, diversos estudos utilizando diferentes abordagens, têm investigado as habilidades cognitivas de primatas do Velho Mundo. Em primatas do Novo Mundo, porém, os dados são escassos e poucas espécies têm sido utilizadas para esta finalidade. Recentemente, o macaco-prego (*Cebus apella*) vem sendo apontado como uma espécie particularmente interessante para o estudo da cognição. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar as habilidades cognitivas desta espécie em testes de aprendizagem e memória. Para isto, quatro protocolos foram utilizados: a) teste de discriminação sequencial concorrente; b) teste de escolha de acordo com o modelo com atraso; c) teste de escolha diferente do modelo com atraso; e d) teste de relações bi-condicionais. Resultados obtidos até o presente demonstram: 1) a capacidade de discriminação sequencial concorrente onde verificou-se a habilidade de aprender a aprender (“learning set”) em sujeitos jovens; 2) um padrão similar de desempenho nas tarefas de escolha de acordo com o modelo com atraso e escolha diferente do modelo com atraso; e 3) a capacidade de formar relações bi-condicionais sem treinamento prévio. Estes resultados abrem perspectivas para a realização de estudos comparativos e reafirmam a capacidade cognitiva diferenciada desta espécie. Estudos com novos paradigmas e diferentes abordagens serão de grande valia para o conhecimento mais sistemático do potencial cognitivo do *Cebus apella*.

**Palavras-chave:** Primata, Cebidae, macaco-prego, aprendizagem, memória operacional, cognição.

### ABSTRACT

**Investigating the cognitive potential of capuchin monkeys (*Cebus apella*).** Non-human primates are excellent models for several topics especially for the study of

cognitive functions due to physiological and behavioral parallels with humans. Most of studies in this subject have used Old World monkeys. On the other hand, few species of New World monkeys have been investigated with respect of their cognitive potential. Recently, capuchin monkey (*Cebus apella*) has been indicated as interesting specie for the study of cognition. This work investigated the cognitive abilities of this specie using four protocols of learning and memory: a) concurrent learning discrimination; b) delayed matching-to-sample (DMTS); c) delayed non matching-to-sample (DNMTS); and d) bi-conditional relations test. The results show: 1) learning set formation in young capuchins in the concurrent discrimination task; 2) a similar pattern of performance in DMTS and DNMTS tests; and 3) the first demonstration at the literature that capuchin monkeys are able to form bi-conditional relations without previous training, according to the theory of primate cognition. These results open perspectives for the comparative study of cognition and remark the high cognitive ability of capuchin monkeys. Further studies using different paradigms will be of great value for a more detailed knowledge of *Cebus* cognitive potential.

**Key words:** New World monkey, capuchin monkey, learning, working, memory, cognition.

## INTRODUÇÃO

Nos primatas, as capacidades cognitivas e as relações corticais e sub-corticais cerebrais são mais comparáveis às humanas do que em qualquer outra espécie animal, razão pela qual eles têm sido preferencialmente escolhidos para o estudo das funções cognitivas superiores (Macphail, 1996; King e col., 1988). A validade das extrapolações de resultados obtidos a partir de primatas não-humanos para humanos depende basicamente de dois fatores: 1) um paralelismo entre os sistemas neurofisiológicos e comportamentais entre as espécies e, 2) a utilização de paradigmas comuns nas situações de teste. Além disto, é necessário que o padrão do desempenho em um dado teste seja qualitativamente similar no primata e no homem (Roberts, 1996).

Contribuições significativas sobre o entendimento da organização da memória no cérebro, sobre o desenvolvimento de modelos animais de amnésias, e o avanço do conhecimento sobre a amnésia humana provêm de estudos realizados com primatas (Zola-Morgan & Squire, 1990). A aplicação de paradigmas comuns na clínica humana e no campo experimental, utilizando tais animais como modelo, foi inicialmente empregada em estudos sobre a visão e a memória humanas e permitiu com êxito, a demonstração do fenômeno da "visão cega" e a dissociação anatômica de sistemas distintos de memória (Roberts, 1996).

A memória operacional (*working memory*) tem sido amplamente estudada em espécies do gênero *Macaca* e em pacientes amnésicos. Trata-se de um processo para a manutenção sustentada da informação durante o desempenho de outras funções cognitivas como a compreensão de linguagem e resolução de problemas, capaz de manter informações por períodos variáveis de tempo, em função de sua utilidade.

A memória operacional tem acesso aos objetivos de processamento, planos de ação e pode obter informações armazenadas nos sistemas de memória de curto e longo prazo de forma integrada (Tomaz, 1993; Xavier, 1993; Baddeley & Hitch, 1994).

Estudos sobre as bases anatômicas da memória operacional realizados com primatas e humanos têm identificado o papel crítico do córtex pré-frontal e de estruturas a ele associadas - como o hipocampo, a porção basal do córtex parietal e o tálamo - para o funcionamento deste sistema. A integridade do córtex pré-frontal é fundamental para a manutenção das representações ao longo do tempo. Lesões nesta região em macacos, provocam o comprometimento do desempenho em tarefas de memória operacional (Baddeley, 1992; Goldman-Rakic, 1991; McDowell, Whyte & D'esposito, 1997). O cerebelo também parece estar envolvido no processamento da memória operacional, atuando na catalogação de eventos temporais com seqüência ordenada (Pascoal-Leone *et al.*, 1993).

O desenvolvimento ontogenético da memória operacional parece ser mais lento do que o de outras habilidades cognitivas. Em tarefas de memória operacional com atraso, macacos rhesus jovens parecem incapazes de relembrar um objeto visto 10 segundos antes e só apresentam desempenho semelhante ao de macacos adultos aos seis meses de idade (Bachevalier, 1990). Um atraso na habilidade de resolver tarefas de escolha diferente do modelo com retardo foi também demonstrada em crianças (Overman *et al.*, 1992).

Tipicamente, as tarefas empregadas para se avaliar a memória operacional envolvem alguma forma de discriminação condicional do tipo: 1) respostas com atraso, onde a informação necessária para determinar a resposta correta é dada antes do início do período de atraso, e 2) comparação com atraso, onde a resposta correta só pode ser determinada após o intervalo, ou seja, a informação essencial para a resolução da tarefa é mantida inacessível até o término do atraso (Pontecorvo, Sahgal & Steckler, 1996). Em tais testes, é necessário que o sujeito mantenha - durante o intervalo de tempo - a memória das características do estímulo para ser bem sucedido na tarefa. A resposta, ao final do atraso, é indicada não por estímulos externos, mas pela memória do que foi percebido pelo indivíduo na fase de amostragem. Além disto, a resposta correta difere de uma tentativa para a seguinte, de modo que o entendimento da regra envolvida na tarefa é que determinará o êxito no desempenho do indivíduo (Tomaz, Tavares e Caldas, 2000).

Estes procedimentos envolvem um alto grau de complexidade cognitiva. Uma classificação proposta por Thomas (1996) ordena os processos cognitivos em oito níveis hierárquicos de complexidade, onde, partindo do mais simples para o mais complexo, temos: 1) habituação-sensibilização; 2) aprendizagem de sinais (condicionamento de Pavlov); 3) aprendizagem associativa (condicionamento operante simples); 4) encadeamento (aprendizagem de unidades de estímulo e resposta em série); 5) aprendizagem discriminativa concorrente; 6) conceitos de classe absolutos e relativos; 7) relações entre conceitos de classes conjuntivas, disjuntivas

ou condicionais; e 8) relações entre conceitos de classes bi-condicionais. Diferentes espécies de todas as classes de vertebrados são capazes de obter algum grau de sucesso correspondente até ao quinto nível acima descrito e várias espécies de pássaros e mamíferos demonstraram a capacidade de utilizar conceitos de classe absolutos, correspondentes ao sexto nível. No entanto, o uso de conceitos relativos de classes só foi demonstrado até o presente, em primatas, ainda que seja razoável admitir que outras espécies também possam fazê-lo. Tarefas de memória operacional com atraso correspondem ao nível 7 nesta classificação e também foram realizadas com sucesso por primatas do Velho Mundo. Tomasello e Call (1997), propõem que humanos e primatas - símios - são os únicos animais capazes de entender e formar categorias de relações de terceira ordem ou bi-condicionais, sendo esta a habilidade cognitiva mais importante e a principal diferença entre primatas e outros mamíferos.

Primatas do Velho Mundo têm sido amplamente utilizados para o estudo da cognição através de múltiplas abordagens em diferentes tarefas que envolvem níveis distintos de complexidade cognitiva. Em primatas do Novo Mundo, contudo, poucas espécies têm sido estudadas para esta finalidade e praticamente nada se conhece sobre a capacidade cognitiva destas espécies. Assim, o presente estudo se insere numa linha de pesquisa em andamento no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília, cujo objetivo é avaliar as habilidades cognitivas do macaco-prego (*Cebus apella*). Outros experimentos em andamento referem-se à investigação ontogenética dos sistemas de memória no macaco-prego, à influência da ritmicidade biológica sobre o desempenho cognitivo, e à investigação dos aspectos emocionais da memória nesta espécie.

## MÉTODOS

### Sujeitos

Doze macacos-prego (06 fêmeas e 06 machos) participaram deste estudo. Os sujeitos foram mantidos em grupos de dois a três indivíduos, em viveiros situados em meio à mata de galeria o que proporcionou aos animais condições naturais de iluminação, temperatura e umidade. Os animais dispunham de água *ad libitum* e alimentação entre 7:00 hs e 17:30 hs e não foram submetidos à privação alimentar, porém não tiveram acesso à alimentação durante as sessões experimentais. As normas de manutenção dos animais estiveram de acordo com o IBAMA.

O macaco-prego é altamente adaptável a diversos habitats, apresenta notável plasticidade comportamental e habilidade manual desenvolvida, sendo o uso de ferramentas a característica que mais o distingue das demais espécies neotropicais (Fragaszy, 1990; Napier e Napier, 1985; Visalberghi, 1993). Além disto, apresenta alto coeficiente encefálico (proporção entre peso do cérebro sobre o peso corporal), um atributo aceito como indicativo indireto de capacidade cognitiva desenvolvida

(Jerison, 1973, Antinucci, 1990). Todas estas características tornam esta espécie particularmente interessante para a estudo da cognição.

## Material

Para a realização dos experimentos foi utilizada uma versão do Wisconsin General Test Apparatus, consistindo de caixa de madeira com tampo deslizável para a apresentação dos estímulos, sistema de porta guilhotina ao fundo e iluminação artificial, operados manualmente pelo experimentador. Brinquedos plásticos infantis de cor, forma e tamanhos variados, além de tampas plásticas foram utilizados como estímulos. Pedacos de uva e de bala de chocolate confeti® foram fornecidos como recompensa de acordo com a preferência dos animais.

## Procedimento

Os animais foram treinados em seus próprios viveiros experimentais, o que, segundo a literatura, reduz o estresse de captura ou contenção, e, possivelmente, promove um melhor desempenho (e.g., Savage, Dronzek & Snowdon, 1987). O preparo da sessão experimental envolveu a separação do sujeito de seu (s) companheiro (s) através de sistema de cambiamento, a retirada de sua alimentação e colocação do aparato experimental em frente à porta do viveiro do animal. Este respondia à tarefa passando a pata por entre a grade da porta do seu viveiro e manipulando os estímulos colocados à sua frente. Encerrada a sessão experimental, fornecia-se novamente a alimentação para o animal e a guilhotina era liberada permitindo o livre acesso do sujeito ao seu recinto. As sessões experimentais foram realizadas três vezes por semana, em horários constantes, e tiveram duração de 1 hora. A sessão era suspensa caso o animal deixasse de responder durante 10 minutos.

Os animais foram submetidos a quatro protocolos experimentais:

### 1) Teste de Discriminação Sequencial Concorrente.

Três animais jovens (02 machos e 01 fêmea com idades entre 3 a 5 anos) foram testados neste protocolo, sendo 02 sem experiência anterior e 01 com experiência prévia em testes de aprendizagem discriminativa. O teste foi realizado em duas fases:

a) Conjunto A, onde foi apresentado ao animal uma seqüência fixa de 20 pares de objetos (estímulos) de diferentes formas, cores e tamanhos. Em cada par, um objeto era previamente definido pelo experimentador como sendo o estímulo discriminativo positivo, isto é, aquele cuja escolha por parte do animal permitia o acesso à recompensa. A escolha do outro objeto em cada par da seqüência (estímulo discriminativo negativo), não produzia conseqüência para o animal. Um intervalo de 30 segundos foi utilizado entre a apresentação de cada par de estímulos. O estímulo discriminativo positivo era apresentado à direita ou à esquerda do animal, de forma pseudo-aleatória. Esta maneira de apresentar os estímulos à esquerda ou à direita do indivíduo ocorre segundo sorteio,

porém permite ao experimentador modificar a posição do mesmo, caso necessário. Isto ocorre por exemplo, quando o animal adota uma estratégia de resposta que inviabiliza a aprendizagem da tarefa. Por exemplo, quando ele passa a responder em apenas uma posição (direita ou esquerda), o que lhe permite ter acesso a aproximadamente 50% do total de reforços que seria liberado aleatoriamente. As sessões foram realizadas a cada 24 horas e o conjunto de objetos foi apresentada para os sujeitos até que atingissem o critério de 90% (18 em 20) de respostas corretas.

b) concluída a fase anterior, uma nova seqüência de 20 pares de objetos diferentes (Conjunto B), foi apresentada para o animal e o mesmo procedimento acima descrito foi adotado.

2) Teste de Escolha de Acordo com o Modelo (Delay Matching-to-Sample - DMTS).

Esta sessão tinha início com a apresentação de um estímulo luminoso (lâmpada amarela - 15W) que permanecia acesa até o final da mesma. A manutenção da lâmpada acesa não implicava em conseqüência para o animal. Neste procedimento, apresentava-se para o sujeito um objeto modelo. Após esta apresentação, um anteparo era interposto entre o animal e a caixa experimental, onde se encontravam os estímulos, de forma que ele ficava impedido de observar o interior da caixa. Depois um intervalo (atraso) de 08 segundos, o anteparo era retirado e dois estímulos, sendo um igual e outro diferente do modelo previamente apresentado, eram apresentados para o animal. A posição dos estímulos, à direita ou à esquerda do animal, variava a cada tentativa de forma idêntica a mencionada no teste anterior. A tarefa do sujeito consistia em escolher o estímulo idêntico ao modelo e descobrir a regra envolvida no teste; ou seja, escolha do estímulo igual ao modelo proporciona uma recompensa. Respostas incorretas não eram recompensadas e não se permitia a correção da resposta por parte do sujeito. Após ser atingido um critério de aprendizagem de 90% de respostas corretas nas últimas dez tentativas realizadas pelo animal, o intervalo de tempo, entre a apresentação do modelo e a escolha do animal, foi aumentado progressivamente para 15 seg, 60 seg, 120 seg e 10 min. Novos pares de objetos eram apresentados a cada tentativa e os mesmos estímulos não se repetiam numa mesma sessão de teste. O desempenho do animal foi registrado através do percentual de respostas corretas sobre o número total de 100 tentativas para cada intervalo de tempo, exceto no intervalo de 10 min onde o total de tentativas foi igual a 50. Foram realizadas 3 sessões semanais com duração de 1 hora cada. Nove animais jovens-adultos e adultos jovens com idades aproximadas entre 3 a 5 anos (04 fêmeas) e 05 machos, (02 com idades entre 2 e 3 anos, 01 com idade entre 4 a 6 anos e 02 com idades entre 8 a 10 anos) foram testados neste protocolo, todos com experiência em testes de aprendizagem discriminativa.

3) Teste de Escolha Diferente do Modelo (Delay Non-Matching-to-Sample - DNMTS).

O procedimento foi idêntico ao descrito acima, com apenas duas diferenças: o estímulo luminoso utilizado que permanecia presente durante as sessões era de cor diferente (lâmpada vermelha - 15W) e a tarefa do animal consistia em esco-



lher o objeto diferente do modelo previamente apresentado em cada tentativa de teste. Sete sujeitos adultos jovens (02 fêmeas entre 3 a 5 anos; 01 macho entre 2 e 3 anos, 01 macho entre 4 e 6 aos, e 02 machos entre 8 e 10 anos), todos com experiência prévia em testes de aprendizagem discriminativa, foram submetidos a este protocolo, após a conclusão do teste de escolha de acordo com o modelo.

#### 4) Teste de Emergência de Relações Bi-condicionais

Cinco animais foram testados nesta tarefa (02 fêmeas entre 3 a 5 anos; 01 macho entre 2 e 3 anos, e 02 machos entre 8 e 10 anos). Neste protocolo, as lâmpadas de cores distintas, utilizadas nos dois testes descritos acima, eram acesas aleatoriamente e sinalizavam para o animal em cada tentativa de teste, o tipo de escolha que ele deveria fazer. A lâmpada amarela sinalizava a regra "escolha do objeto igual ao modelo", e a vermelha, "escolha diferente do modelo". Cabia ao sujeito deduzir esta relação não treinada previamente para atingir o mesmo critério de aprendizagem utilizado anteriormente. Numa mesma sessão, tentativas com escolha de acordo com o modelo e escolha diferente do modelo eram apresentadas para o animal a partir de uma tabela de aleatoriedade. Um intervalo de 15 seg foi utilizado entre a apresentação do modelo e o teste de escolha.

## RESULTADOS

A Figura 1 apresenta o número médio de sessões necessárias para os três indivíduos jovens atingirem o critério de aprendizagem no teste de aprendizagem sequencial concorrente. Os sujeitos levaram em média 24 sessões para atingir o critério de aprendizagem no Conjunto A e apenas 13 sessões no Conjunto B. A redução no número médio de sessões entre os dois conjuntos demonstra a formação de "learning set", isto é, a habilidade de aprender a aprender, considerado indício de aprendizagem cognitiva.

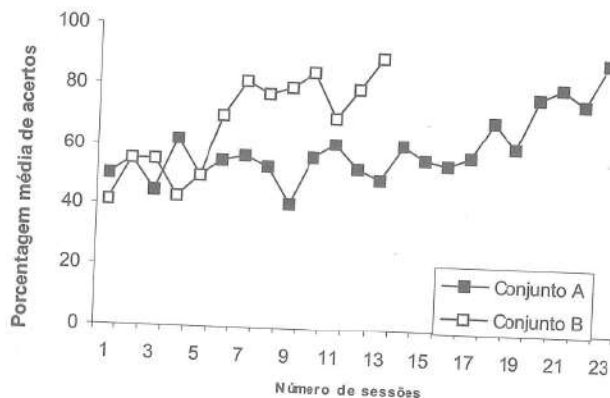


Figura 1- Porcentual médio de acertos para 03 sujeitos jovens (*C. apella*) no teste de aprendizagem discriminativa concorrente com 20 itens ao longo das sessões experimentais.

A Figura 2 ilustra o desempenho dos sujeitos nos testes de DMTS e DNMTS, com diferentes intervalos entre a apresentação do modelo e o teste de reconhecimento visual. Observa-se uma queda no desempenho quando se introduz o intervalo de 15 seg, testado imediatamente após os sujeitos terem atingido o critério de 90% de acertos no intervalo de 8 seg. Nas 100 tentativas de teste com este intervalo os sujeitos apresentaram em média 66% de acertos em DMTS e 65% em DNMTS. Nos intervalos de 1 minuto e 2 minutos, observa-se uma melhora de desempenho no teste de DMTS (69% e 71%, respectivamente). O mesmo não se observa para o teste de DNMTS, onde verifica-se uma diminuição na média de acertos quando se incrementa o intervalo de 15 seg para 2 min (61% de acertos). Entretanto, nas 50 tentativas com o intervalo de 10 minutos entre a apresentação do modelo e o teste de reconhecimento os sujeitos apresentaram em média 78% de respostas corretas na situação de DMTS e 69% em DNMTS.

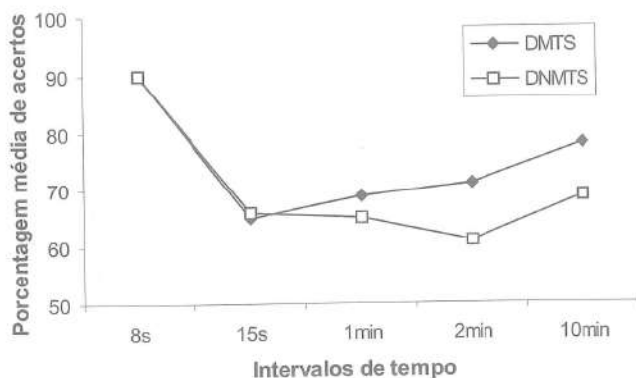


Figura 2 – Porcentual médio de acertos para *Cebus apella* nos teste de escolha de acordo com o modelo com atraso (DMTS) (09 sujeitos) e escolha diferente do modelo (DNMTS) (07 sujeitos) em diferentes intervalos de tempo.

A Tabela 1 apresenta o número de tentativas para os sujeitos atingirem o critério de aprendizagem no teste de relações bi-condicionais. Dos cinco sujeitos testados, quatro atingiram o critério de aprendizagem na primeira sessão de teste com um número de tentativas inferior a 35, e um sujeito necessitou de 141 tentativas para atingir o critério.

Tabela 1 - Número de tentativas necessárias para 05 sujeitos (*C. apella*) atingirem o critério de aprendizagem no teste de relações bi-condicionais.

SUJEITOS	TENTATIVAS PARA O CRITÉRIO
Saete	10
Patty	17
Sávio	24
Edmundo	33
Túlio	141

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que macacos-prego jovens são capazes de resolver tarefas de discriminação sequencial concorrente com 20 itens simultâneos. Estes dados são semelhantes àqueles obtidos por outros pesquisadores com *Macaca mulatta* (e.g. Bachevalier, 1990). Adicionalmente, os resultados neste protocolo indicam a formação de "learning set", pois do Conjunto de estímulos A para o Conjunto B observou-se uma diminuição significativa no número de sessões necessárias para atingir o critério de 90% de respostas corretas. Estes dados indicam que os sujeitos melhoraram a habilidade de aprender a discriminar associações entre estímulos e respostas com o desenvolvimento da prática. Acredita-se que esta habilidade de "aprender a aprender" ou de generalizar a solução para determinados problemas seja uma característica importante de adaptação aos desafios que se apresentam no meio ambiente (Harlow, 1949). Por outro lado, a capacidade apresentada por esses sujeitos jovens em aprenderem a discriminar 20 pares de estímulos em paralelo, é indicativa de uma habilidade cognitiva bastante desenvolvida e que corresponde ao nível 5 da hierarquia de inteligência como proposto por Thomas (1996; ver introdução). Estes resultados, segundo o nosso conhecimento, são os primeiros a descreverem uma capacidade de discriminação concorrente com 20 pares simultâneos no macaco-prego.

Os resultados obtidos com os protocolos de DMTS e DNMTS são de certa forma intrigantes. Primeiro porque dados da literatura com macacos rhesus indicam uma regra geral nos resultados onde o desempenho declina com o aumento do intervalo. Este tipo de tendência não foi observado para os nossos sujeitos *Cebus apella*. Para os dois protocolos (ver Fig. 2) nós observamos inicialmente (15 seg de intervalo) um declínio no desempenho seguido por uma melhora com o passar dos intervalos, que atinge valores de 78% e 69% (DMTS e DNMTS, respectivamente) com o intervalo de 10 min.

É importante mencionar que os intervalos para os testes de memória operacional utilizados no presente trabalho são semelhantes àqueles empregados por investigadores da área de neuropsicologia humana e da neuropsicologia comparada que utilizam macacos do Velho Mundo como modelos animais no estudo da memória e suas afecções (ver por exemplo, Zola-Morgan & Squire, 1993). Nesta direção, os nossos resultados são semelhantes aos obtidos por esses pesquisadores que apontam uma dificuldade maior para a realização de testes que empregam a estratégia de escolha diferente do modelo quando a apresentação do modelo não é recompensada.

Ademais, os resultados dos nossos experimentos demonstram que o percentual de acertos nos testes de memória operacional situam-se entre 60 e 80% nos diferentes intervalos; ou seja, acima do nível de acaso (50%) e abaixo do critério inicial de 90% de acertos. Esta "janela" é de suma importância em experimentos futuros com o objetivo de investigar o efeito de manipulações farmacológicas e/

ou cirúrgicas que facilitem ou prejudiquem o desempenho desses sujeitos com relação à memória declarativa (evocação consciente da informação). Assim sendo, o *Cebus* pode vir a ser um importante modelo experimental na investigação sobre a neurobiologia da memória.

Alguns trabalhos na literatura relatam a habilidade do macacos *Cebus apella* em resolver testes do tipo DMTS e DNMTS baseados em modalidades visuais e auditivas (ver D'Amato, 1973; D'Amato & Colombo, 1985; D'Amato, Salmon & Colombo, 1985; Colombo & D'Amato, 1985). Entretanto, todos esses trabalhos empregaram intervalos menores que 1 minuto entre a apresentação do modelo e o teste de memória. Por conseguinte, eles tratam apenas da habilidade cognitiva desta espécie em termos da memória de curto prazo. Não existem trabalhos na literatura empregando intervalos de 10 min como os do presente estudo no *C. apella*. Intervalos de 10 min ou maiores são considerados como testes de memória a longo prazo (ver Squire, Zola-Morgan & Chen, 1988). Portanto, o presente trabalho constitui demonstração inédita quando comparado à literatura atual e sugere que o macaco prego possui uma capacidade cognitiva de aprendizagem e memória a longo prazo, testadas com intervalos maiores que 1 min em protocolos experimentais de DMTS e DNMTS.

Entretanto, o dado mais interessante parece ser a capacidade do macaco prego formar relações bi-condicionais. O baixo número de tentativas para os animais atingirem o critério no teste de relações bi-condicionais indica que os animais estiveram de alguma forma "atentos" a aspectos não reforçadores na situação experimental, e a partir daí conseguiram deduzir uma relação não treinada. Apenas um dos cinco sujeitos testados necessitou de mais 35 tentativas para atingir o critério de 9 em 10 respostas corretas. Entretanto, este sujeito não foi representativo das respostas apresentadas pelo grupo como um todo pelo fato de seu treinamento ter sido interrompido em função de mudança de experimentador. Devido ao baixo número de tentativas para o critério apresentado pelos outros quatro animais, após eles terem atingido o critério de aprendizagem, demos prosseguimento ao teste a fim de nos certificar que eles não haviam chegado ao critério (90% de acerto nas dez últimas tentativas) por outras formas que não fosse a aprendizagem da tarefa. Novamente, os quatro sujeitos necessitaram de menos de 30 tentativas para chegar ao critério.

Segundo Thomas (1996), esta capacidade cognitiva – o uso de estratégias não-treinadas para a formação de relações bi-condicionais – situa-se numa das mais elevadas capacidades de inteligência que um animal pode apresentar. De acordo com o nosso conhecimento, este trabalho é o primeiro a relatar esta capacidade em uma espécie de primatas do Novo Mundo. Talvez, este tipo de habilidade seja relevante para a adaptação do indivíduo em seu meio, cuja complexidade pode muitas vezes exigir a atenção simultânea a aspectos distintos de uma mesma situação. Independentemente da forma através da qual os animais deduziram a regra da tarefa, o que por si só já merece atenção especial, a simples demonstração desta habilidade e flexibilidade do comportamento no *C. apella* pode ser uma das caracte-

terísticas que contribuem para o seu sucesso adaptativo.

Experimentos adicionais utilizando diferentes abordagens são de grande relevância para o estudo da cognição nesta espécie. Estudos de campo podem constituir uma excelente ferramenta para verificar o desenvolvimento das habilidades cognitivas do macaco-prego frente aos desafios ambientais e verificar *in situ* as estratégias utilizadas pela espécie para a resolução de problemas, a adaptação ao seu habitat, bem como fornecer valiosos "insights" para o estabelecimento de novas hipóteses e delineamentos experimentais que possam ser testados em cativeiro.

### AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Raimundo Oliveira pela assistência veterinária e a Washington Luís Vargas pelos cuidados dispensados aos animais. Ao Decano de Administração e Finanças da UnB, Sr. Carlos Augusto de São José, pelo constante apoio institucional ao Centro de Primatologia.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTINUCCI, F. 1990. The comparative study of cognitive ontogeny in four primate species. In: "Language" and Intelligence in Monkeys and Apes, S.T. Parker & K. R. Gibson (Eds), pp. 157-171. Cambridge University Press.
- BACHEVALIER, J. 1990. Ontogenetic development of habit and memory formation in primates. *Ann. N. Y. Ac. Sci.*, 608:457-477.
- BADDELEY, A. D. 1992. Working memory. *Science*, 255: 556-559.
- BADDELEY, A. D. & Hitch, G. J. 1994. Developments in the concept of working memory. *Neuropsychol.*, 8: 485-493.
- COLOMBO, M. & D'AMATO, M. R. 1986. A comparison of visual and auditory short-term memory in monkeys (*Cebus apella*). *Quart. J. Exp. Psychol.*, 38B: 425-448.
- D'AMATO, M. R. 1973. Delayed matching and short-term memory in monkeys. In: G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in theory and research*, Vol. 7. New York: Academic Press, pp. 227-269.
- D'AMATO, M. R. & COLOMBO, M. 1985. The matching concept in monkeys. In: G. d'Ydewalle (Ed.), *Cognition, information processing, and motivation. Proceedings of the XXIII International Congress of Psychology*, Vol. 3. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, pp. 19-36.
- D'AMATO, M. R.; SALMON, D. P. & COLOMBO, M. 1985. Extent and limits of the matching concept in monkeys (*Cebus apella*). *J. Exp. Psychol.: An. Beh. Proc.*, 11: 35-51.
- FRAGASZY, D. M. 1990. Sensorimotor development in hand-reared and mother reared tufted capuchins: a systems perspective on the contrasts. In: "Language" and Intelligence in Monkeys and Apes, S.T. Parker & K.R. Gibson (Eds). Cambridge University Press, pp. 172-204.
- GOLDMAN-RAKIC, P. S. 1991. Prefrontal cortical dysfunction in schizophrenia: the relevance of working memory. In: B. J. Carroll & J. E. Barrett (Eds.), *Psychopathology and the Brain*, Raven Press. pp. 322-351.

- HARLOW, H. F. 1949. The formation of learning sets. *Psychol. Rev.*, 56:51-65.
- JERISON, H. 1973. *Evolution of the Brain and Intelligence*. Oxford University Press.
- HARLOW, H. F. 1949. The formation of learning sets. *Psychol. Rev.*, 56:51-65.
- JERISON, H. 1973. *Evolution of the Brain and Intelligence*. Oxford University Press.
- KING, F. A.; YARBROUGH, C. J.; ANDERSON, D. C.; GORDON, T. P.; GOULD, K. G. 1988. *Primates*. *Science*, 240: 1475-1478.
- MACPHAIL, E. M. 1996. Cognitive function in mammals: the evolutionary perspective. *Cogn. Brain Res.*, 3:279-290.
- MCDOWELL, S.; WHYTE, J. & D'ESPOSITO, M. 1997. Working memory impairments in traumatic brain injury: evidence from a dual-task paradigm. *Neuropsychol.*, 35: 1341-1353.
- NAPIER, J. R. & NAPIER, P. H. 1985. *The Natural History of Primates*. British Museum (Natural History). London.
- OVERMAN, W.; BACHEVALIER, J.; TURNER, M. & PEUSTER, A. 1992. Object recognition versus object discrimination: comparison between human infant and infant monkeys. *Behav. Neurosci.* 1:15-29.
- PASCUAL-LEONE, A.; GRAFMAN, J.; CLARK, K.; STEWART, M.; MASSAQUOI, S.; LOW, J. S.; & HALLETT, M. 1993. Procedural learning in Parkinsons disease and cerebellar degeneration. *Ann. Neurol.*, 34:594-602.
- PONTECORVO, M. J.; SAHGAL, A. & STECKLER, T. 1996. Further developments in the measurement of working memory in rodents. *Cogn. Brain Res.*, 3:205-213.
- ROBERTS, A. 1996. Comparison of cognitive function in humans and non-humans primates. *Cogn. Brain Res.*, 3:319-327.
- SAVAGE, A.; DRONZEK, L. A. & SNOWDON, C. T. 1987. Color discrimination by the cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus oedipus*) and its relation to fruit coloration. *Fol. Primatol.*, 49:57-69.
- SQUIRE, L. R.; ZOLA-MORGAN, S. & CHEN, K. S. 1988. Human amnesia and animal models of amnesia: performance of amnesic patients on tests designed for the monkey. *Beh. Neurosci.*, 102 (2):210-221.
- THOMAS, R. 1996. Investigating cognitive abilities in animals: unrealized potential. *Cogn. Br. Res.*, 3:157-166.
- TOMASELLO, M. & CALL, M. 1997. A theory of primate cognition. In: *Primate Cognition*. Oxford University Press, New York, pp. 367-400.
- TOMAZ, C. 1993. Psicobiologia da memória. *Psicologia-USP*, 6:49-59.
- TOMAZ, C.; TAVARES, M. C. H. & CADAS, A. L. R. 2000. Memória operacional no macaco-prego (*Cebus apella*). In: *A Primatologia no Brasil*, vol. 7, UFPB, João Pessoa, pp.333-347.
- VISALBERGHI, E. 1993. Capuchin monkeys: a window into tool use in apes and humans. In: K. Gibson & G. Ingold (Eds.), *Tools, Language, and Cognition in Human Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 138-150.
- Zola-Morgan, S. & Squire, L. R. 1993. Neuroanatomy of memory. *Ann. Rev. Neurosc.*, 16:547-563.

## UM ESTUDO NATURALÍSTICO DA PREFERÊNCIA MANUAL EM MURIQUIS (*BRACHYTELES ARACHNOIDES*)

MAURÍCIO TALEBI & CÉSAR ADES

Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo Av. Prof. Mello Moraes,  
1721, 05508-900 São Paulo, SP.

### RESUMO

O uso das mãos e da boca durante a coleta de itens alimentares pelos indivíduos de um grupo de miquis (*Brachyteles arachnoides*) do Parque Estadual de Carlos Botelho, São Paulo, foi observado ao longo de dois anos, com o objetivo de desvendar uma eventual lateralidade motora em condições de vida natural. Verificou-se – a partir da frequência de episódios em que os animais usavam uma das mãos ou a outra, ou ambas ao mesmo tempo, ou a boca – em todas as categorias de idade (juvenis, sub-adultos e adultos) e nos dois sexos, uma preferência significativa pelo uso da mão direita. A preferência pela mão direita foi mais marcada nas fêmeas com filhotes do que nas fêmeas sem cria, resultado que sugere ser a manutenção da estabilidade um fator relevante na determinação da destreza. Filhotes se apresentaram como mais propensos em usar a mão direita e ambas as mãos do que indivíduos mais velhos. Não houve o efeito esperado da postura (sentado, em pé, suspenso pela cauda) sobre a lateralidade, mas sim uma frequência maior de coletas com ambas as mãos em animais suspensos pela cauda. Não houve diferença no uso das mãos ou da boca por conta do tipo de item alimentar (fruto ou folha). Contrariamente ao que seria previsto a partir da hipótese da origem postural da preferência manual de MacNeilage *et al.* (1987) os miquis parecem ter preferência pela mão direita para apanhar alimento e pela esquerda para prover suporte.

**Palavras -chave:** Lateralidade, forrageio, primatas, miquis

### ABSTRACT

**Hand preference in miquis (*Brachyteles arachnoides*): a naturalistic study.** In a two-year field study carried out in the State Park of Carlos Botelho, State of São Paulo, Brazil, we recorded the responses by which miquis (*Brachyteles arachnoides*) reached for food (with right or left hand or bimanually or with the mouth) looking for eventual asymmetries in manual preferences. Using as a basis the frequency of behaviors, we found that a significant preference for the use of the

right hand was expressed by all age categories (juvenile, subadults and adults) and both by male and female animals. The right bias was stronger in females holding infants than in infantless females: this may indicate that the need to maintain postural stability has an influence on the strength of right hand preference. Use of hands or mouth did not differ according to posture (sitting, standing, suspensory), but frequency of bimanual manipulation of food was higher in the suspensory posture. The type of food item (fruit, leaves) did not exert any influence on reaching behavior. Results do not provide support to the postural origin hypothesis of hand preference (MacNeilage *et al.*, 1987) as muriquis seem to show a preference for the right hand for visually guided reaching and for the left one for support.

**Key words:** Laterality, foraging, primates, muriquis.

## INTRODUÇÃO

Durante muito tempo acreditou-se que, embora em espécies de primatas não humanos pudesse haver indivíduos destros ou canhotos, não existia, ao nível populacional, preferência pela direita ou pela esquerda como ocorre no ser humano, em que há predominância do uso da mão direita (Warren, 1980). Pesquisas mais recentes, a partir do artigo de revisão de MacNeilage *et al.* (1987), indicam contudo a existência de lateralidade populacional em várias espécies (Ades & Diego, 1998; Hopkins, 1996; Lacreuse & Fragaszy, 1996; Ward *et al.*, 1993). Segundo a hipótese da Origem Postural da preferência manual (MacNeilage *et al.*, 1987), os primatas mais primitivos teriam desenvolvido, em ambiente arborícola, uma preferência pela mão esquerda, para alcançar objetos guiando-se pela vista, reservando a direita para manter o apoio postural em substratos verticais e para um controle sensorio-motor fino. Durante a evolução, teria diminuído a importância da mão direita como elemento de suporte e ela seria usada com maior frequência em tarefas precisas e complexas, uma vez que preparada para isso por suas características sensorio-motoras, surgindo, no limite, em chimpanzés e seres humanos, uma forte preferência pela mão direita.

A maioria dos estudos sobre a preferência manual em primatas é realizada em condições de cativeiro usando como variáveis, dentre outras, a postura assumida durante a manipulação (Anderson *et al.*, 1996; Fagot *et al.*, 1991; King, 1995; Westergaard *et al.* 1998), a complexidade e a exigência motora da tarefa (Fagot & Vauclair, 1991; Hopkins, 1996), a prática (Forsythe & Ward, 1988), o sexo (Forsythe & Ward, 1988; Lacreuse & Fragaszy, 1996) e a idade (Fagot *et al.*, 1991; Parr *et al.*, 1997, Toonoka & Matsuzawa, 1995). Os resultados das pesquisas indicam ser a lateralidade manual em primatas um fenômeno multi-determinado, dependente do contexto e variável de espécie para espécie (Hook-Costigan & Rogers, 1995).

O presente estudo nasce do interesse pela lateralidade enquanto característica típica da espécie e do fato de que é importante complementar estudos



de cativeiro com observações naturalísticas que tentem esclarecer as funções envolvidas e forneçam dados comparativos para a inferência filogenética. Hook-Costigan & Rogers (1995) sugerem, dentro desta perspectiva, que as preferências manuais em espécies de primatas podem decorrer dos requisitos cognitivos e motores impostos pelo modo de coletar alimento no ambiente natural. Assim, se micos (*Saguinus oedipus*) são destros ao nível populacional, e sagüis (*Callithrix jacchus*) não, isso poderia ser devido a uma diferença nos hábitos de forrageio, os micos sendo mais especializados em procurar alimento dentro de cavidades, os sagüis recorrendo à gomivoria, um modo de coleta que não requer o uso diferencial das mãos. Dentre os estudos naturalísticos da preferência manual, ainda poucos, estão os de Boesch (1991), McGrew & Marchant (1992), Rogers & Kaplan (1996) e de Sugiyama *et al.* (1995). Relata-se aqui o resultado do acompanhamento, durante dois anos, com registro da manipulação de alimento, de um grupo de muriquis, *Brachyteles arachnoides* (E, Geoffroy, 1806), do Parque Estadual de Carlos Botelho, no Estado de São Paulo.

O muriqui se locomove por braquiação, no alto das árvores, usando mãos com dedos longos e curvos (mas com polegar vestigial) adaptados para tal. Segura-se nos galhos e folhagens em posturas bastante variadas agarrando-se com pés e mãos e com sua longa cauda preênsil e sendo capaz de interagir e de se alimentar enquanto pendurado apenas pela cauda. Ele aproveita em sua dieta uma variedade de itens alimentares, frutos, folhas, flores, lianas e epífitas, que apanha, traz para perto da boca e manipula com as mãos, às vezes com uma, às vezes usando ambas coordenada ou alternadamente. Às vezes, abocanha diretamente o item alimentar. Para alimentar-se, prende-se aos suportes físicos disponíveis com pernas e cauda, em posturas diferentes, cabeça e tronco para baixo ou para cima, com ou sem apoio do traseiro em galhos, liberando a mão ou as mãos para o ato de apanhar (Nishimura *et al.*, 1988).

O comportamento de coleta de alimento do muriqui, na natureza, possivelmente sofra a influência da postura adotada e do grau de precisão motora envolvido no apanhar de itens alimentares diferentes, fatores estes que, em estudos de cativeiro, são considerados relevantes na determinação da preferência manual. O objetivo da presente pesquisa foi fornecer informações a respeito da preferência manual de *B. arachnoides*, em condições de forrageio natural, levando-se em conta: (1) o gênero dos animais, (2) suas faixas de idade, (3) a postura adotada durante a coleta de alimento e (4) o tipo de item alimentar.

## MÉTODOS

O estudo foi realizado, entre 1994 e 1996, no Parque Estadual de Carlos Botelho, que compreende os municípios de São Miguel Arcanjo, Capão Bonito e Sete Barras, ao longo da chamada Escarpa Atlântica, Serra de Paranapiacaba e

ocupa uma área total de 37.432 hectares. A vegetação do Parque é típica de Floresta Pluvial Tropical e corresponde à formação latifoliada tropical úmida de encosta, apresentando cobertura vegetal primitiva em quase toda a extensão da área (Pacagnella, 1991).

O grupo de muriquis acompanhado, com tamanho entre 29 e 35 animais, encontrava-se em processo adiantado de habituação à presença de seres humanos. Não sendo possível reconhecer individualmente mais do que alguns dos membros do grupo, identificou-se os registros a partir das categorias de sexo e idade.

Usou-se a varredura instantânea (Altmann, 1974) com cinco minutos de amostragem e dez de intervalo como técnica de observação. Em cada episódio de amostragem, registravam-se o sexo, a idade, a postura e a preferência manual de cada um dos indivíduos observados, além de anotar o tipo de recurso utilizado: *frutos*, 64,7% dos registros (n = 1899), *folhas*, 35,3% dos registros (n = 1038).

O gênero era definido a partir da observação da genitália. Dos registros efetuados, 55,2% eram de machos (n = 1698) e 44,8% de fêmeas (n = 1381). As categorias de idade, estimadas de acordo com o desenvolvimento do corpo, foram: *juvenil* (entre um ano e meio e quatro anos, 5,3% dos registros, n = 162), *sub-adulto* (entre quatro e oito anos, 16,3% dos registros, n = 496) e *adulto* (mais de oito anos, 78,4% dos registros, n = 2393).

As posturas registradas durante a alimentação foram as seguintes: *sentado* (apoio principal na região do cóccix, membros posteriores em contato com o substrato, membros anteriores livres para a manipulação, 23,6% dos registros, n = 580), *em pé* (apoio principal nos membros posteriores estendidos, com pontos suplementares de apoio ou não, 37,1% dos registros, n = 912), *suspense* (a cauda, presa acima da cabeça do animal, como principal suporte, com um a quatro pontos suplementares de apoio concomitantes, 39,3% dos registros, n = 969). Estas categorias de postura correspondem às descritas em Nishimura *et al.*, (1988).

Os comportamentos de apanhar itens alimentares foram classificados em: *mão direita*, *mão esquerda*, *ambas as mãos* e *boca* (quando o animal mordida diretamente o item alimentar). Era registrada a mão (direita, esquerda) com a qual o alimento era levado à boca, não sendo levadas em conta manipulações anteriores do mesmo item alimentar.

As análises foram aplicadas aos dados de *manipulação* (levando-se em conta mão direita, mão esquerda, ambas as mãos, boca) e de *preferência manual* (levando-se em conta apenas mão direita e mão esquerda). Foi usado, com a frequência absoluta dos registros e com a "p" = 0,01, o teste de  $\chi^2$  para verificar se uma dada distribuição de frequência diferia da distribuição esperada (supostas equiprováveis as alternativas), e para comparar as distribuições registradas em categorias diferentes de idade ou sexo.

## RESULTADOS

*Lateralidade global:* Observou-se, para a amostra de registros tomada como um todo, um predomínio do uso da mão direita. A mão direita foi usada em 39,8% ( $n = 1099$ ), a mão esquerda em 28,5% ( $n = 787$ ), ambas as mãos em 16,1% ( $n = 444$ ) e a boca em 15,6% ( $n = 432$ ) dos registros. A distribuição observada diferiu significativamente da distribuição equiprovável ( $\chi^2 = 439,9$ ;  $gl = 3$ ;  $p < 0,01$ ).

*Gênero:* O uso da mão direita foi predominante tanto em machos como em fêmeas (Figura 1), sendo maior, contudo, a lateralização no caso das fêmeas. Foi significativa a diferença entre machos e fêmeas na manipulação ( $\chi^2 = 32,1$ ;  $gl = 3$ ;  $p < 0,01$ ) e na preferência manual ( $\chi^2 = 27,7$ ;  $gl = 1$ ,  $p < 0,01$ ).

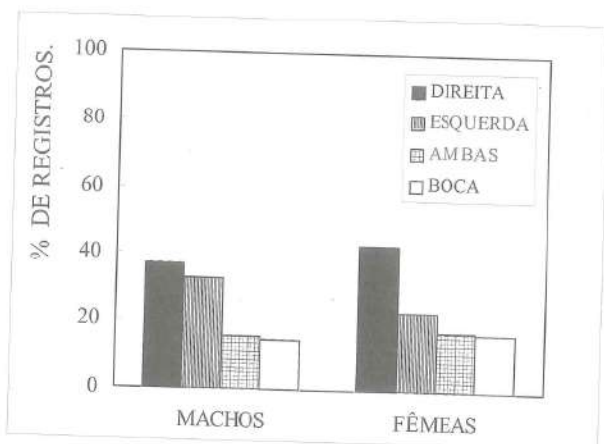


Figura 1. Porcentagem de registros de uso da mão direita, da mão esquerda, de ambas as mãos e da boca, durante a alimentação, por muriquis machos e fêmeas (*machos*: direita,  $n = 574$ ; esquerda,  $n = 507$ ; ambas,  $n = 241$ ; boca = 226; *fêmeas*: direita,  $n = 521$ ; esquerda,  $n = 278$ ; ambas,  $n = 209$ ; boca = 206).

Partindo da hipótese de que uma mãe carregando o filhote poderia, por causa da necessidade de manter a estabilidade ter um ajustamento postural diferente da mãe sem filhote e da hipótese de que o ajustamento postural influenciaria a manipulação, foram comparados os registros de fêmeas com e sem filhotes. Em ambos os casos (Figura 2) a mão direita foi mais usada. Fêmeas de muriquis com filhote diferiram significativamente das sem filhote na preferência manual ( $\chi^2 = 24,0$ ;  $gl = 1$ ;  $p < 0,01$ ). A presença de filhotes dependentes parece criar condições para uma lateralização mais acentuada em fêmeas de muriquis. O fator "carregar o filhote" é determinante na diferenciação entre machos e fêmeas: a diferença entre machos e fêmeas sem filhotes não é significativa ( $\chi^2 = 4,4$ ;  $gl = 1$ ;  $p > 0,01$ ).

*Idade.*: A mão direita foi utilizada preferencialmente em todas as categorias de idade (adulto,  $x^2 = 389,6$ ; subadulto,  $x^2 = 58,4$ ; juvenil,  $x^2 = 35,0$ ; gl = 3,  $p < 0,01$ ). A segunda opção para a obtenção do alimento foi a mão esquerda para adultos e sub-adultos, mas, para os juvenis, foi o uso de ambas as mãos, com uma frequência similar à da mão direita (Figura 3).

Adultos e sub-adultos não diferiram significativamente entre si, na preferência manual ( $x^2 = 1,55$ ; gl = 1,  $p > 0,05$ ) mas diferiram cada qual dos juvenis (adulto x juvenil,  $x^2 = 16,1$ ; gl 1;  $p < 0,01$ ; sub-adulto x juvenil,  $x^2 = 10,5$ ; gl = 1;  $p < 0,01$ ). Do mesmo modo, não houve diferença entre adultos e sub-adultos nas categorias ambas as mãos e boca ( $x^2 = 0,32$ ; gl = 1;  $p > 0,05$ ) mas tanto adultos como sub-adultos diferiam dos juvenis nestas categorias (adulto x juvenil,  $x^2 = 9,5$ ; sub-adulto x juvenil,  $x^2 = 9,21$ , gl = 1;  $p < 0,01$ ). Juvenis se apresentaram portanto como mais propensos a usar a mão direita e ambas as mãos.

*Postura.* Em todas as posturas, a distribuição da manipulação apresentou diferenças significativas em relação à distribuição esperada (sentado  $x^2 = 333,1$ ; em pé,  $x^2 = 408,3$ ; suspenso,  $x^2 = 118,2$ ; gl = 3,  $p < 0,01$ , Figura 4). Em todas elas, a mão direita foi usada mais do que a esquerda.

A postura não afetou a preferência manual ( $x^2 = 2,5$ ; gl = 2;  $p > 0,05$ ) mas sim o uso de ambas as mãos, categoria que aparece percentualmente mais no caso da postura suspenso quando é então igual o seu uso ao da mão direita.

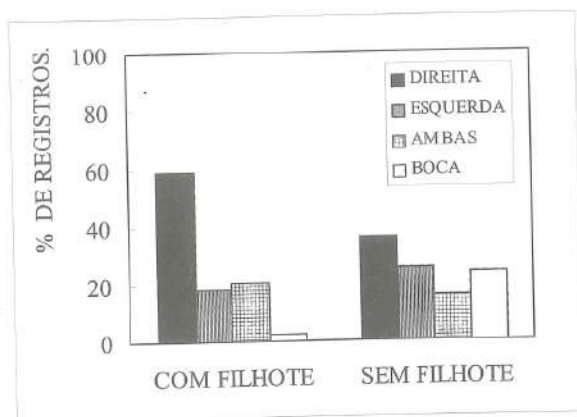


Figura 2. Porcentagem de uso de registros da mão direita, da mão esquerda, de ambas as mãos e da boca, durante a alimentação, por muriquis fêmeas carregando filhote ou não (*com filhote*: direita,  $n = 222$ ; esquerda,  $n = 69$ ; ambas,  $n = 77$ ; boca = 9; *sem filhote*: direita,  $n = 299$ ; esquerda,  $n = 209$ ; ambas,  $n = 132$ ; boca = 197).

*Itens alimentares:* Tanto no caso de frutos como no de folhas, a mão direita foi mais usada, seguida pela mão esquerda e por ambas as mãos e boca que não diferiram entre si (Figura 5). A diferença entre as distribuições observadas e a distribuição teórica foi significativa (frutos,  $\chi^2 = 231,4$ ; folhas,  $\chi^2 = 186,1$ ; gl = 1;  $p < 0,01$ ). Não houve diferença significativa na manipulação nem na preferência manual ( $\chi^2 = 2,49$ ; gl = 1,  $p > 0,05$ ) entre frutos e folhas.

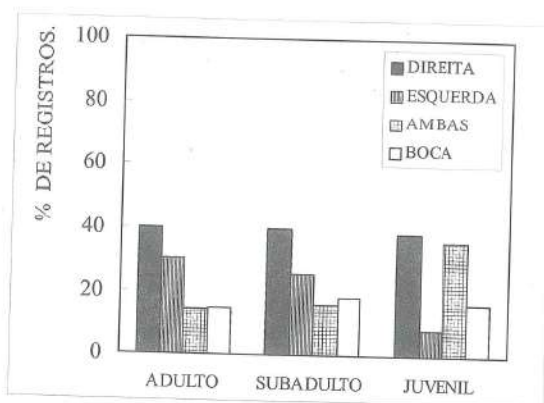


Figura 3. Porcentagem de uso de registros da mão direita, da mão esquerda, de ambas as mãos e da boca, durante a alimentação, por muriquis adultos, subadultos e juvenis (*adultos*: direita, n = 860; esquerda, n = 660; ambas, n = 318; boca = 328; *subadultos*: direita, n = 172; esquerda, n = 112; ambas, n = 70; boca = 80; *juvenis*: direita, n = 51; esquerda, n = 11; ambas, n = 48; boca = 22)

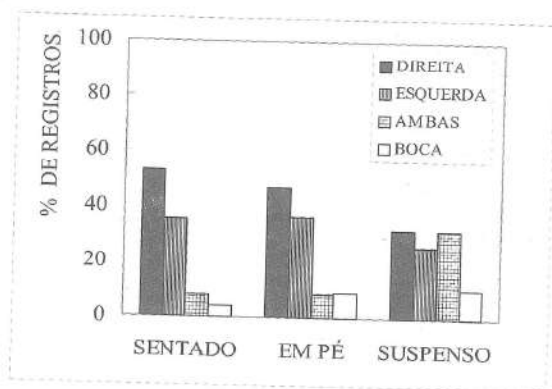


Figura 4. Porcentagem de registro de uso da mão direita, da mão esquerda, de ambas as mãos e da boca, durante a alimentação, por muriquis em diferentes posturas: sentados, em pé e suspensos (*sentado*: direita, n = 860; esquerda, n = 660; ambas, n = 318; boca = 328; *subadultos*: direita, n = 172; esquerda, n = 112; ambas, n = 70; boca = 80; *juvenis*: direita, n = 51; esquerda, n = 11; ambas, n = 48; boca = 22)

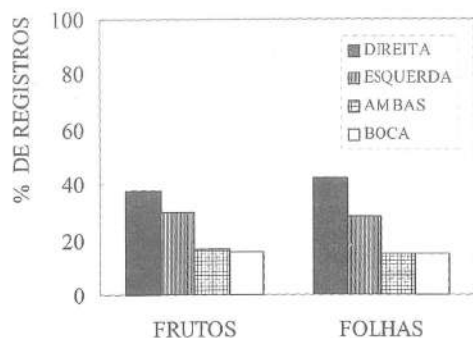


Figura 5. Porcentagem de registros de uso da mão direita, da mão esquerda, de ambas as mãos e da boca, durante o consumo de frutos e de folhas, por muriquis adultos (*frutos*: direita, n = 656; esquerda, n = 518; ambas, n = 294; boca = 276; *folhas*: direita, n = 381; esquerda, n = 257; ambas, n = 132; boca = 135).

## DISCUSSÃO

A manipulação e as preferências manuais do muriqui ganham perspectiva se inseridas no contexto da atividade da espécie no ambiente natural. A locomoção e o forrageamento deste animal relativamente pesado se dão numa altura da vegetação que torna prioritária a capacidade de adquirir apoio e suportes. A necessidade de se firmar e a de manipular itens alimentares são dois requisitos que possivelmente tenham levado a uma especialização dos membros anteriores em termos de uma função de *equilíbrio* e de uma função de *coleta*.

*Preferência pela direita.* Os resultados da pesquisa apontam para a existência, no grupo de muriquis observado no Parque Estadual de Carlos Botelho de um uso preferencial da mão direita para a coleta de alimento, ao nível populacional. A maior frequência de registros de uso da mão direita não pode ser atribuída à inclusão, na amostra analisada, de um maior número de registros de indivíduos eventualmente destros. Nosso registro parece equitativo uma vez que fruto de um número muito grande de varreduras, obtidas ao longo de dois anos de acompanhamento do grupo de muriquis, e de uma preocupação em observar todos os animais do grupo. Além disso, há que se levar em conta que a predominância da mão direita apareceu em *todos* os segmentos da amostra, nas diversas classes de idade, tanto em machos como em fêmeas. Um argumento suplementar provém da análise das preferências em quatro indivíduos, um macho e três fêmeas, identificados no grupo: três deles tinham preferência significativa pela direita, o quarto era ambipreferente.

Há relatos de uso preferencial da mão direita numa tarefa de apanhar alimento em vários outros primatas do Novo Mundo: *Leontopithecus chrysopygus* e *L. chrysomelas* (Ades & Diego, 1998; Singer & Schwibbe, 1999), *Saguinus oedipus* (Diamond & McGrew, 1994), *Cebus capucinus* (Gomperts & Costello, 1991), *Cebus apella* (Masataka, 1990). Mas também há relatos de preferência pela esquerda em *Ateles geoffroy* (Laska, 1996) e em *Callithrix jacchus* (Singer & Schwibbe, 1999), o que impede que se tire um princípio válido para todos os platirrinos, sequer para os calitriquídeos.

*Postura.* Posturas instáveis ou a adoção do bipedalismo parecem em muitos casos intensificar as preferências manuais. Micos-de-cheiro evidenciam preferências mais fortes quando desempenham tarefas de alcançar alimento em postura suspensória do que em postura quadrupedal (Roney & King, 1993); macacos-prego também demonstram maior assimetria quando sua estabilidade é diminuída durante tarefas de alimentação (Anderson *et al.*, 1996). De acordo com uma hipótese inicialmente formulada, esperava-se que muriquis em postura suspensa, talvez por estarem mais vezes com ambas as mãos livres, demonstrassem menor assimetria no uso das mãos do que nas posturas sentado e em pé, quando haveria mais instabilidade e quando uma das mãos poderia estar mobilizada para a manutenção do equilíbrio. A análise não indicou, contudo, efeito da postura sobre a preferência manual mas sim, uma maior frequência relativa do uso de ambas as mãos na posição suspensa.

A diferença entre fêmeas com filhote dependente e fêmeas sem filhote pode ser interpretada como decorrente da relação inversa entre estabilidade e lateralização. A maior preferência pela direita nas fêmeas com filhote decorreria de uma maior necessidade de garantir a estabilidade e de uma tendência maior em usar a esquerda para agarrar suportes. A mão esquerda seria mais especializada na função de providenciar apoio e estabilidade, a mão direita na função de apanhar os itens alimentares.

*O desenvolvimento da lateralidade.* Um aumento de lateralidade, ao longo do desenvolvimento ontogenético é encontrado em vários primatas (mas nem sempre é confirmado, Hook-Costigan & Rogers, 1996). Não se verificou, no presente estudo, um aumento da preferência pela mão direita ao longo do crescimento, mas, ao contrário, uma lateralização maior nos juvenis do que nos sub-adultos e adultos. A hipótese de um uso preferencial da mão esquerda para garantir o equilíbrio poderia dar conta desta diferença ontogenética: os juvenis, provavelmente menos hábeis do que os adultos em manter sua estabilidade, recorreriam mais à mão esquerda para apoio, havendo predomínio da direita para apanhar o alimento.

*Itens alimentares.* Não foram encontradas diferenças significativas na forma de manipulação das duas grandes categorias de itens alimentares, frutos e folhas. Isso não implica que muriquis não sejam capazes de adaptar

a sua manipulação às características das plantas que aproveitam em sua dieta. Frutos muito grandes são, caracteristicamente, apanhados com ambas as mãos enquanto frutos menores são pegos com a esquerda ou a direita; filodendros, cuja extremidade apenas é aproveitada, são puxados alternadamente com a direita e com a esquerda. Mas esta integração do gesto com o objeto não condicionou, na presente pesquisa, uma mudança de lateralidade.

*Sexo.* Os resultados da literatura não são homogêneos a respeito desta variável. Muitos estudos indicam não ser o sexo uma variável relevante na determinação da preferência manual (Roney & King, 1993; Singer & Schwibbe, 1999); outros, ao contrário, detectam diferenças sexuais (Mason *et al.*, 1995; Westergaard & Suomi, 1993), não sendo disponível uma explicação de consenso para as variações de lateralidade entre gêneros. A assimetria macho/fêmea encontrada no muriqui, no presente estudo, parece ser redutível a uma questão de preservação do equilíbrio, uma vez que significativa apenas no caso de uma comparação dos machos com fêmeas que carregam seu filhote.

*A hipótese das Origens Posturais.* Os dados da presente pesquisa não apoiam a hipótese evolutiva da origem das preferências manuais, lançada por MacNeilage *et al.* (1987). De acordo com esta hipótese, esperar-se-ia, tanto de macacos do Velho Mundo como de macacos do Novo Mundo, que usassem a mão esquerda para atos, guiados visualmente, de alcançar alimento. O muriqui se enquadra no caso dos primatas que, segundo MacNeilage *et al.* (1987), por conta de sua vida arborícola e de seu modo de coletar alimento através de gestos relativamente simples, deveriam usar preferencialmente a mão esquerda para apanhar frutos e folhas e a mão direita para proporcionar apoio. O muriqui parece seguir um princípio oposto: segurar-se com a esquerda e apanhar o alimento preferencialmente com a direita.

No estágio atual da pesquisa sobre lateralidade em primatas, ao invés de partir de uma teoria abrangente e simplificadora como a de MacNeilage *et al.* (1987), parece interessante ampliar a base de dados comparativos e conceber as assimetrias motoras como adaptações de cada espécie ou grupo de espécies ao seu contexto ecológico e ao seu modo de vida particular.

## AGRADECIMENTOS

Este artigo é uma versão da dissertação de mestrado de M. Talebi-Gomes, junto ao Instituto de Psicologia da USP (1999) sob orientação de C. Ades. Gostaríamos de agradecer a Karen B. Strier pelo incentivo dado a M. Talebi-Gomes para que estudasse os muriquis no Parque Estadual de Carlos Botelho e ao CNPq pelas bolsas atribuídas. Os autores agradecem ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo pela autorização da pesquisa.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADES, C. & DIEGO, V.H. 1998. Hand preferences in lion tamarins *Leontopithecus chrysomelas* and *Leontopithecus chrysopygus*: Effects of different postural demands. Abstracts, 9<sup>th</sup> Meeting of the International Society for Comparative Psychology, Cape Town. p. 14.
- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 48: 1-41.
- ANDERSON, J.R., DEGIORGIO, C., LAMARQUE, C. & FAGOT, J. 1996. A multi-task assessment of hand lateralization in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Primates*, 37: 97-103.
- BOESCH, C. 1991. Handedness in wild chimpanzees. *Int. J. Primatol.*, 6: 541-558.
- DIAMOND, A.C. & MCGREW, W.C. 1994. True handedness in the cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus*). *Primates*, 35: 69-77.
- FAGOT, J., DREA, C.M. & WALLEN, K. 1991. Asymmetrical hand use in rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) in tactually-and-visually regulated tasks. *J. Comp.Psychol.*, 105: 260-268.
- FAGOT, J. & VAUCLAIR, J. 1991. Manual laterality in nonhuman primates: a distinction between handedness and manual specialization. *Psychol. Bull.*, 109, 76-89.
- FORSYTHE, C. & WARD, J.P. 1988. Black Lemur (*Lemur macaco*) hand preference in food reaching. *Primates*, 29: 75-77.
- GOMPERTS, S. & COSTELLO, M. 1991. Preliminary results of hand use in free ranging capuchins (*Cebus capucinus*). *Am. J. Primatol.*, 24: 104.
- HOOK-COSTIGAN, M.A. & ROGERS, L.J. 1995. Hand, mouth and eye preferences in the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Folia Primatol.*, 64: 180-191.
- HOOK-COSTIGAN, M.A. & ROGERS, L.J. (1996). Hand preferences in new world primates. *Int. J. Comp.Psychol.*, 9: 173-207.
- HOPKINS, W.D. 1996. Chimpanzee handedness revisited: 55 years since Finch (1941). *Psychon. Bull.Ver.*, 3: 449-457.
- KING, J.E. 1995. Laterality in hand preferences and reaching accuracy of cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *J. Comp. Psychol.*, 109: 34-41.
- LACREUSE, A. & FRAGASZY, D.M. 1996. Hand preferences for a haptic searching task by tufted capuchins (*Cebus apella*). *Int. J. Primatol.*, 17:613-632.
- LASKA, M. 1996. Manual laterality in spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) solving visually and tactually guided food-reaching tasks. *Cortex*, 32: 717-726.
- MACNEILAGE, P.F., STUDDERT-KENNEDY, M.G. & LINDBLOM, B. 1987. Primate handedness reconsidered. *Behav.Brain Sc.*, 10: 247-303.
- MASATAKA, N. 1990. Handedness of capuchin monkeys. *Folia Primatol.*, 59: 89-192.
- MASON, A.M., WOLFE, L.D. & JOHNSON, J.C. 1995. Hand preference in the sifaka (*Propithecus verreauxi coquereli*) during feeding in captivity. *Primates*, 36: 275-280.
- MCGREW, W.C. & MARCHANT, L.F. 1992. Chimpanzees, tools, and termites: hand preference or handedness? *Cur. Anthropol.*, 33: 114-119.
- NISHIMURA, A., FONSECA, G.A.B., YOUNG, A.L., STRIER, K.B., MITTERMEIER, R.A. & VALLE, C.M.C. 1988. The Muriqui, genus *Brachyteles*. In R. A. Mittermeier, A. B. Rylands, A. Coimbra-Filho & G. A. B. Fonseca (Eds.) *Ecology and Behavior of Neotropical Primates*, Vol. 2. *Fundo Mundial para a Natureza e Sociedade Brasileira de Primatologia: Belo Horizonte*, p. 577-610.

- PACAGNELLA, S.G. 1991. Censo de população de monos-carvoeiro (*Brachyteles arachnoides*) no Parque Estadual de Carlos Botelho, Estado de São Paulo. In A. B. Rylands & A. T. Bernardes (Eds.). *A Primatologia no Brasil - 3*. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, p. 225-234.
- PARR, L.A., HOPKINS, W.D. & De WAAL, F.B.M. 1997. Haptic discrimination in capuchin monkeys (*Cebus apella*): Evidence of manual specialization. *Neuropsychologia*, 35: 143-152.
- RONEY, L.S. & KING, J.E. 1993. Postural effects on manual reaching laterality in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) and cotton top tamarins (*Saguinus oedipus*). *J. Comp. Psychol.*, 107: 380-385.
- ROGERS, L.J. & KAPLAN, G. 1996. Hand preferences and other lateral biases in rehabilitated orang-utans, *Pongo pygmaeus pygmaeus*. *Anim. Behav.*, 51: 13-25
- SINGER, S.S. & SCHWIBBE, M.H. 1999. Right or left, hand or mouth: genera-specific preferences in marmosets and tamarins. *Behaviour*, 136: 119-145.
- SUGYAMA, Y., FUSHIMI, T., SAKURA, O. E. & MATSUZAWA, T. 1995. Hand preferences and tool use in wild chimpanzees. *Primates*, 34: 151-159.
- TOONOKA, R. & MATSUZAWA, T. 1995. Hand preferences of captive chimpanzees (*Pan troglodytes*) in simple reaching for food. *Int. J. Primatol.*, 16: 17-35.
- WARD, J.P., MILLIKEN, G.W. & STAFFORD, D.K. 1993. Patterns of lateralized behavior in prosimians. In J.P. Ward & W.D. Hopkins (Org.), *Primate laterality: Current behavioral evidence of primate asymmetries*. Springer-Verlag, New York.
- WARREN, J.M. 1980. Handedness and laterality in humans and other animals. *Physiol. Psychol.*, 8: 351-359.
- WESTERGAARD, G.C., KUHN, H.E. & SUOMI, S.J. 1998. Bipedal posture and hand preference in humans and other primates. *J. Comp. Psychol.*, 112: 55-64.
- WESTERGAARD, G.C. & SUOMI, S.J. 1993. Hand preference in the use of nut-cracking tools by tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Folia Primatol.*, 61: 38-42.

## POSTURA E PREFERÊNCIA MANUAL EM MICOS-LEÕES-DE-CARA-DOURADA E MICOS-LEÕES-PRETOS

CÉSAR ADES & VÂNIA H. DIEGO

Instituto de Psicologia, USP. Av. Prof. Mello Moraes 1721,  
CEP 05508-900, São Paulo, SP. E-mail: cades@usp.br

### RESUMO

A fim de verificar os efeitos da postura sobre a preferência manual em tarefas de apanhar itens alimentares foram realizados dois experimentos com micos-leões-de-cara-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*) e micos-leões-pretos (*L. chrysopygus*) dos zoológicos de São Paulo e Brasília e do Centro de Primatologia da UnB (n = 58). No Experimento 1, a lateralidade ao nível individual e populacional foi avaliada numa condição em que o animal se agarrava a uma grade e noutra em que coletava alimento numa superfície horizontal; no Experimento 2, numa condição bipedal e numa condição quadrupedal. Na maioria das condições, os micos-leões de ambas as espécies tiveram uma preferência pela mão direita, ao nível populacional. Não houve diferenças de desempenho entre a postura bipedal e quadrupedal, mas, na condição de coleta em superfície horizontal, deixou de se manifestar a preferência populacional pela mão direita, presente nos outros contextos. Mudanças de lateralidade de acordo com a tarefa, assim como as flutuações na preferência manual que foram observadas de uma sessão para outra indicam ser a lateralidade dos micos-leões flexível e aberta a influências do contexto.

**Palavras-chave:** Lateralidade, preferência manual, postura, micos-leões, *Leontopithecus chrysomelas*, *Leontopithecus chrysopygus*.

### ABSTRACT

**Posture and manual preferences in golden-headed-lion-tamarins and black-lion-tamarins.** Influence of posture on the manual preferences of golden-headed lion tamarins (*Leontopithecus chrysomelas*) and black lion tamarins (*Leontopithecus chrysopygus*) in reaching for food items was examined in two experiments in which 58 animals from the zoos of São Paulo and Brasília and from the Primatology Center of the University of Brasília were used. In Experiment 1, individual and population-level biases were assessed in a vertical clinging condition and in a condition in which food items were available on a horizontal platform; in Experiment

2, animals were tested for bipedal and quadrupedal reaching. In most conditions, lion tamarins from both species and both sexes displayed a right hand preference at the population level. There was no difference between performance in bipedal and quadrupedal postures but in the horizontal platform condition, individual preferences shifted and population-level biases ceased to exist. Shifts in manual preference such as this one and fluctuations in laterality observed in successive testing sessions favor a view of handedness in lion tamarins as labile and open to contextual determination.

**Key words:** laterality, manual preference, posture, lion tamarins, *Leontopithecus chrysomelas*, *Leontopithecus chrysopygus*.

## INTRODUÇÃO

Verificar se primatas manifestam lateralidade no uso das mãos tem atraído uma enorme atenção da pesquisa comportamental recente por representar uma promessa de compreensão da evolução da lateralidade humana e da assimetria das funções cerebrais. Não se trata apenas de saber se há indivíduos, numa espécie, que sejam destros ou canhotos, ou seja, que manifestem uma preferência *individual* por uma das mãos, mas de comprovar a existência de lateralidade num número significativo de indivíduos, a nível *populacional*, como ocorre no caso do ser humano. Estima-se que aproximadamente 90% da população letrada dos seres humanos tenham uma preferência consistente pelo uso da mão direita (Annett, 1985, citado por Westergaard, Kuhn & Suomi, 1998).

Há uma controvérsia acerca da questão da lateralidade manual em nível populacional, sendo mais tradicional a posição de que ela somente se manifestaria no caso humano (Warren, 1980, 1987; Lehman, 1993; McGrew & Marchant, 1997) e a mais recente, a partir do artigo seminal de MacNeilage, Studdert-Kennedy e Lindblom (1987), de que ela teria uma distribuição ampla entre os primatas, já havendo um número de trabalhos publicados que apontam para preferências populacionalmente consistentes em primatas (Fagot & Vauclair, 1991; Hook-Costigan & Rogers, 1996; Hopkins, 1999; Ward & Hopkins, 1993). A controvérsia se alimenta, em parte, na variabilidade de resultados obtidos em espécies diferentes ou, às vezes, na mesma espécie, em contextos experimentais diferentes.

A teoria da origem postural da lateralidade (MacNeilage *et al.*, 1987) coloca na origem evolutiva da lateralidade uma preferência pela mão esquerda para o desempenho de respostas balísticas, guiadas visualmente (como as de captura de insetos) e uma preferência pela direita para a obtenção de suporte postural. Postula o desenvolvimento filogenético do uso da mão direita para respostas manipulativas finas. De acordo com outro esquema teórico (Fagot & Vauclair, 1991), dever-se-ia distinguir a lateralidade (*handedness*), que seria uma característica individual e se manifestaria

no contexto de tarefas simples, da especialização manual, que seria populacional e se manifestaria no contexto de tarefas novas e complexas.

Dado o modo variável como se manifesta a lateralidade, tanto inter- como intra-especificamente, torna-se importante adotar uma abordagem comparativa que abranja um número razoável de espécies e que se preocupe com a relação com o contexto ecológico. Na época da publicação do artigo de MacNeilage *et al.* (1987), a maior parte dos estudos sobre lateralidade provinham de laboratórios em que eram observadas espécies do Velho Mundo, principalmente chimpanzés. O interesse por primatas do Novo Mundo cresceu bastante desde então e, em menos de uma década, havia condições para a publicação de uma revisão de estudos sobre estes primatas (*Ateles*, *Brachyteles*, *Cebus*, *Saimiri*, *Saguinus* e *Callithrix*; Hook-Costigan & Rogers, 1996). O número de pesquisas de campo com primatas do Novo Mundo continua, contudo, bastante restrito, sendo ainda um esforço isolado nossa pesquisa com muriquis (*Brachyteles arachnoides*) no Parque Estadual de Carlos Botelho (Talebi-Gomes & Ades, este volume). Na abordagem comparativa, a lateralidade é tomada como uma característica adaptativa e, como tal, ela se entende que possa variar, mesmo em espécies próximas, de acordo com as condições estabelecidas por um determinado ambiente e pelo modo de vida adotado pelos animais.

Nossa pesquisa tomou como objeto duas espécies de calitriquídeos, o mico-leão-de-cara-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*) e o mico-leão-preto (*L. chrysopygus*) ambas nativas da floresta atlântica e ambas ameaçadas de extinção (Pinto & Tavares, 1994; Rylands, 1989). Os micos-leões se locomovem geralmente de forma quadrupedal em galhos mas têm uma grande versatilidade de trajetos e de posturas de acordo com o substrato em que se encontram. No cativeiro, são vistos suspensos em vários locais da grade, mesmo no teto. Quando investigam o ambiente, podem passar da posição sentada para a posição agachada ou bipedal, dependendo do estímulo externo. A cauda dos micos-leões não é preênsil mas enrodilha-se em galhos, proporcionando suporte adicional, e é usada para dar equilíbrio em formas mais complexas de locomoção (Kleiman *et al.*, 1988).

Da dieta dos micos-leões constam insetos cuja procura ocupa boa parte do tempo de forrageamento (Kleiman *et al.*, 1988). A mão preênsil e relativamente alongada é uma provável adaptação para remexer em buracos e fendas dos troncos e em bromélias e outras plantas (Kleiman *et al.*, 1988, Rylands, 1993 e Pinto & Tavares, 1994). É grande a versatilidade demonstrada na apreensão dos itens alimentares; quando o requer a situação, o alimento pode ser apanhado entre o dedo indicador e o médio ou podem ser usados, simultaneamente, os quatro dedos, num ato de puxar para si. Os micos-leões, como pudemos constatar em contexto de cativeiro, conseguem desempenhar tarefas através do uso coordenado de ambas as mãos.

Os primeiros resultados de nosso trabalho com *L. chrysomelas* e *L. chrysopygus* indicaram a presença de uma preferência, a nível populacional,

pelo uso da mão direita (Ades & Diego, 1998; Diego *et al.*, 1998 ; Diego *et al.*, 1999). O trabalho de Singer e Schwibbe (1999), publicado posteriormente, confirmou a tendência à destreza dos micos-leões. Singer & Schwibbe (1999) testaram indivíduos dos três gêneros *Callithrix*, *Saguinus* e *Leontopithecus* em cinco contextos experimentais, (1) apanhar pedaços de fruta de uma caixa no topo de uma mesa; (2) apanhar este alimento através de um orifício, uma tarefa nova para estes indivíduos; (3) capturar grilos vivos, uma tarefa que exige controle visuo-motor; (4) encontrar larvas de tenébrios escondidas em serragem, uma tarefa que mobiliza a capacidade de manipulação e (5) capturar grilos, agarrando-se a uma grade, em postura vertical. Do gênero *Leontopithecus*, analisado como um todo, constavam 6 indivíduos de *L. rosalia*, 6 de *L. chrysomelas* e quatro indivíduos de *L. chrysopygus*, sendo 5 destes espécimes juvenis. Neste gênero, um desempenho viesado para a direita foi mantido nas 5 tarefas, embora tenha havido indicações de um uso mais consistente da direita na tarefa de agarrar-se à grade. Segundo Singer & Schwibbe (1999), “tanto a preferência manual quanto o tipo de reação de apanhar, parecem ser padrões fixos” (p. 138).

Interessou-nos, na presente pesquisa, a influência da postura sobre o uso das mãos de micos-leões-de-cara-dourada e micos-leões-pretos numa tarefa de apanhar alimento. Efeitos da postura (quadrupedal x bipedal) sobre a lateralidade foram encontrados em chimpanzés e orangotangos (Hopkins, 1993), em gorilas (Olson *et al.*, 1990), em macacos rhesus (Westergaard *et al.*, 1998), em macacos-pregos (Westergaard *et al.*, 1997; Parr *et al.*, 1997), em micos-de-cheiro (King & Landau, 1993) mas não em micos-de-topete (Roney & King, 1993) nem em micos-leões (Singer & Schwibbe, 1999), se interpretarmos as tarefas 1 e 5 deste último estudo como respectivamente quadrupedal e bipedal. Fatores decorrentes do procedimento de teste podem (além do fator propriamente específico) ser invocados para explicar as discrepâncias entre estudos, e o assunto merece maior atenção experimental.

No primeiro experimento de nossa pesquisa, micos-leões de ambas as espécies foram testados numa condição em que, em posição vertical, tinham de alcançar o alimento enquanto agarrados a uma grade (situação análoga às do meio natural em que o animal precisa preservar seu equilíbrio, durante o forrageamento, agarrando-se a galhos e folhas) e numa condição em que poderiam simplesmente catar os itens alimentares de uma bandeja horizontal. No segundo experimento, comparou-se o desempenho de indivíduos de ambas as espécies quando eram levados a adotar uma postural bipedal e uma postural quadrupedal, variando-se a altura do dispositivo onde eram oferecidos itens alimentares. O fato de podermos contar com uma amostra bastante grande de animais (58 indivíduos adultos) fez com que pudéssemos avaliar de maneira mais segura a natureza populacional dos vieses de manipulação dos micos-leões e a relação entre estes vieses e fatores posturais.

## MÉTODOS

*Sujeitos e local de estudo*

A pesquisa foi realizada de outubro de 1997 a junho de 1999, com 34 micos-leões-de-cara-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*) e 24 micos-leões-pretos (*Leontopithecus chrysopygus*), observados na Fundação Parque Zoológico de São Paulo, na Fundação Zoológico de Brasília e no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília. Do Experimento 1 participaram todos os animais, do Experimento 2, somente 53.

Na Fundação Parque Zoológico de São Paulo os animais (*L. chrysomelas* = 22, *L. chrysopygus* = 21) eram alojados em recintos de 3,90 x 1,50 x 2,80 m, localizados ao ar livre, em áreas de acesso proibido ao público. No Centro de Primatologia da UnB, os animais (*L. chrysomelas* = 6) permaneciam em duplas, em recintos de 2 x 1 x 2 m. Na Fundação Zoológico, em recintos adjacentes de tela de arame, com fundo de concreto, estavam 6 *L. chrysomelas* num dos recintos e 3 *L. chrysopygus* noutro. Os recintos dos três locais eram enriquecidos com plantas, poleiros de madeira e galhos de árvores.

**Experimento 1**

*Condição de agarramento à grade:* Larvas de tenébrio ou balas de goma, usadas como reforços, eram oferecidas do lado de fora do recinto a aproximadamente 15 cm de um animal posicionado na vertical e agarrado à grade, apresentando-se o estímulo próximo ao eixo longitudinal do corpo do animal de modo a não privilegiar nem esquerda nem direita e segurando-o, para cima, entre indicador e polegar. Eliciava-se, assim, um movimento de esticamento de um dos braços do animal, para fora da grade, em direção ao reforço que era apanhado de imediato. Não foram levados em conta para registro os casos em que poderia ter havido viés no posicionamento do reforço ou interferência por parte de outro indivíduo do mesmo recinto. Caso ocorresse competição, o segundo experimentador atraía o animal interferente para longe do animal testado. Realizavam-se 20 práticas por dia, com cada indivíduo, até completar 100 práticas.

*Condição de coleta em superfície horizontal:* Esta condição experimental ocorreu depois de realizado o teste na condição de agarramento à grade. Larvas de tenébrio eram oferecidas espalhadas em uma bandeja horizontal de 50 x 30 cm de comprimento presa à grade dianteira do recinto. Os animais se posicionavam na bandeja para alcançar o alimento com a mão ou diretamente com a boca, usando posturas diferentes. A postura mais freqüente era quadrupedal, três patas apoiadas no plano horizontal, uma das mãos mobilizada para apanhar o alimento. Excepcionalmente, os animais ficavam com ambas as mãos livres (apoio na parte

traseira) ou agarrados à grade. Limitava-se o treino a 20 práticas diárias (em que o animal tivesse usado uma das mãos), terminando-o quando alcançados 100 registros.

## **Experimento 2**

Foi utilizado um dispositivo de acrílico para favorecer a adoção de uma postura bipedal ou quadrupedal nos animais. Os reforços eram colocados num tubo de acrílico transparente de 5 cm de diâmetro, encaixado numa placa de acrílico vertical presa à grade do recinto. Na condição quadrupedal, o tubo se encontrava encostado à bandeja horizontal de modo a permitir que o animal pudesse apanhar o alimento com uma das mãos, mantendo os outros membros em contato com a bandeja ou com a superfície externa do tubo. Na condição bipedal, o tubo era colocado numa altura de aproximadamente 20 cm, forçando o animal a se erguer nas pernas traseiras para alcançá-lo e apanhar o reforço com uma das mãos, permanecendo a outra geralmente apoiada na superfície externa do tubo. Foram realizadas 20 tentativas por indivíduo por dia, em dias não-consecutivos, até completar 100 tentativas.

### **Análise estatística**

*Lateralidade individual:* Aos 100 registros de cada indivíduo foi aplicada uma prova binomial para grandes amostras, partindo da hipótese de equiprobabilidade de uso das mãos e usando  $\alpha=0,05$ . Mais de 58 escolhas da mão direita (ou esquerda) indicavam uma preferência significativa pela direita (ou esquerda); escolhas na faixa de 42 a 57 ausência de preferência (ou ambipreferência).

*Lateralidade populacional:* Na análise da lateralidade populacional, aplicou-se aos dados dos indivíduos com preferência significativa pela esquerda ou pela direita (não considerando os animais com ambipreferência) uma prova binomial, com  $\alpha=0,05$ .

Usou-se a prova de Fisher para comparar sexos, espécies e condições experimentais.

## **RESULTADOS**

### **Experimento 1**

#### *Condição de agarramento à grade*

*Preferência populacional:* Tanto em *L. chrysomelas* (Prova binomial,  $z = 2,7$ ,  $p < 0,01$ ) como em *L. chrysopygus* (prova binomial,  $p < 0,01$ ), houve viés populacional favorecendo o uso da mão direita. Na amostra total, foram encontrados 40 indivíduos com preferência pela direita, 11 pela esquerda e 7 ambipreferentes.



*L. chrysomelas* x *L. chrysopygus*. Foram próximas as porcentagens de indivíduos de cada espécie com preferência pela mão direita, pela mão esquerda e ambipreferentes. A porcentagem de indivíduos com preferência pela direita sobrepujou bastante a de indivíduos com preferência pela esquerda e com ambipreferência (Figura 1). Não houve diferença significativa entre espécies na frequência de indivíduos com preferência pela direita e pela esquerda (Fisher,  $p > 0,05$ ).

*Sexo*: Não houve diferenças marcadas em porcentagens entre machos e fêmeas quanto às preferências manuais (Figura 2). A frequência de indivíduos com preferência pela direita ou pela esquerda não diferiu significativamente entre machos e fêmeas (Fischer,  $p > 0,05$ ).

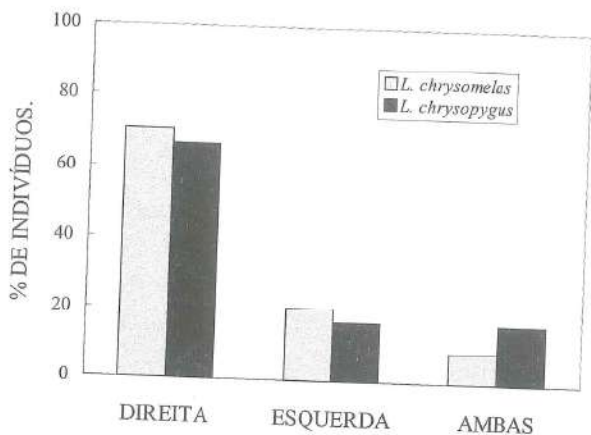


Figura 1. Porcentagem de micos com preferência pela direita, pela esquerda ou ambipreferência em *L. chrysomelas* e *L. chrysopygus* (Experimento 1, condição de agarramento à grade)

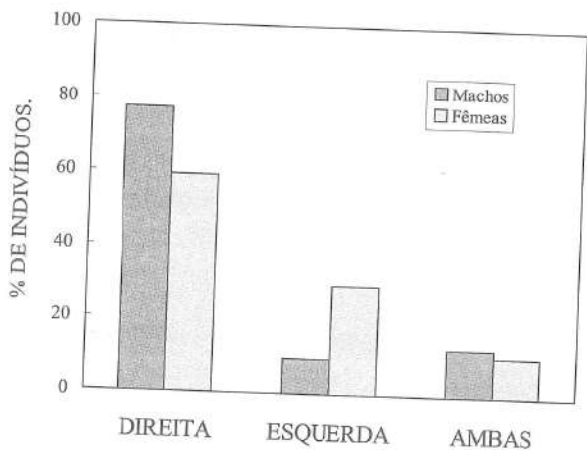


Figura 2. Porcentagem de machos e de fêmeas com preferência pela direita, pela esquerda e ambipreferência (Experimento 1, condição de agarramento à grade).

### Condição de coleta em superfície horizontal

**Preferência populacional:** Não houve preferência populacional pela mão esquerda ou direita, seja em *L. chrysomelas* (Prova binomial,  $p > 0,05$ ) seja em *L. chrysopygus* (Prova binomial,  $p > 0,05$ ). Na amostra total encontrou-se 22 indivíduos com preferência pela direita, 25 com preferência pela esquerda e 3 indivíduos com ambipreferência.

***L. chrysomelas* x *L. chrysopygus*:** A porcentagem de indivíduos com preferência pela esquerda foi um pouco maior em *L. chrysopygus* (Figura 3). Não houve contudo diferença significativa entre espécies quanto à frequência de indivíduos com preferência pela direita ou pela esquerda (Fisher,  $p > 0,05$ ).

**Sexo:** Tampouco houve diferenças entre machos e fêmeas na frequência de indivíduos que preferiram a mão direita ou a mão esquerda (Fisher,  $p > 0,05$ ). 9 machos e 13 fêmeas demonstraram preferência pela mão direita, e 15 machos e 10 fêmeas pela mão esquerda.

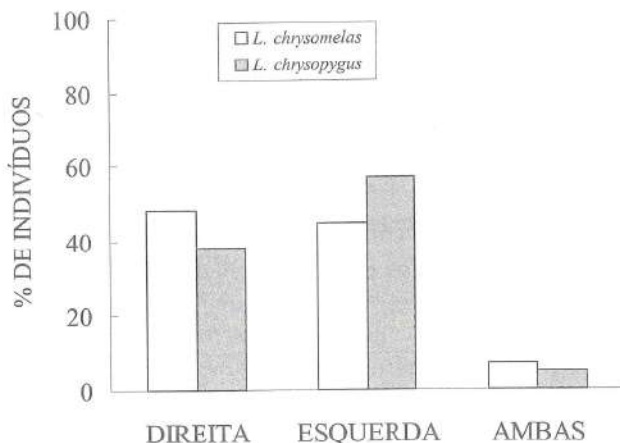


Figura 3. Porcentagem de micos com preferência pela direita, pela esquerda ou ambipreferência em *L. chrysomelas* e *L. chrysopygus* (Experimento 1, condição de coleta em superfície horizontal).

### Comparação entre as condições de agarramento à grade e de coleta em superfície horizontal.

A diferença na frequência de indivíduos com preferência pela direita e pela esquerda entre a situação de agarramento à grade e a situação de coleta em superfície horizontal foi significativa (Fisher,  $p < 0,01$ ). Em ambas as situações os

micos manifestaram vieses laterais significativos ao nível *individual* (seja favorecendo a esquerda, seja favorecendo a direita), mas a preferência *populacional* pela direita somente ocorreu na situação de agarramento.

Tabela 1. Preferências individuais de 30 animais do Zoológico de São Paulo na condição de agarramento à grade (GRADE) e na condição de coleta em superfície horizontal (BANDEJA). M = macho, F = fêmea. Os indivíduos na faixa indicada por um destaque cinza foram submetidos a um teste suplementar na condição de agarramento à grade, tendo na sua maioria revertido para uma preferência pela mão direita.

ANIMAL	GRADE	BANDEJA
M17	Direita	Direita
M19	Direita	Direita
M21	Direita	Direita
M23	Direita	Direita
M25	Direita	Direita
M35	Direita	Direita
F14	Direita	Direita
F28	Direita	Direita
F4	Direita	Direita
M8	Direita	Direita
M10	Direita	Esquerda
M11	Direita	Esquerda
M18	Direita	Esquerda
M24	Direita	Esquerda
M13	Direita	Esquerda
M29	Direita	Esquerda
F3	Direita	Esquerda
F12	Direita	Esquerda
F16	Direita	Esquerda
M1	Direita	Esquerda
M9	Direita	Ambipreferência
F20	Direita	Ambipreferência
F26	Direita	Ambipreferência
M27	Direita	Ambipreferência
F7	Esquerda	Esquerda
F2	Esquerda	Esquerda
F6	Ambipreferência	Direita
M15	Ambipreferência	Direita
F22	Ambipreferência	Esquerda
F30	Ambipreferência	Esquerda
		Ambipreferência

O exame dos dados individuais revela que, na passagem da situação de grade para a situação de bandeja, um número razoável de micos mudaram de lateralidade, vários deles, previamente destros, passando a preferir a mão esquerda. Na Tabela 1, relativa a uma amostra de 30 animais do Zoológico de São Paulo, nota-se que esta mudança de preferência, da direita para a esquerda, ocorreu em 10 animais, não surgindo nunca a mudança oposta ou seja de uma preferência pela esquerda para uma preferência pela direita (embora tenha havido casos de passagem de uma ambipreferência para o uso prioritário da mão direita).

Para saber se a troca da direita pela esquerda como mão preferida era realmente devida à condição experimental (e não à influência de uma variável accidental testamos os dez animais cuja preferência tinha passado da direita para esquerda (M8, M10, M11, M18, M24, M13, M29, F12, F16 e F3) novamente na condição de agarramento à grade. Desses 10 animais, 8 voltaram a usar a mão direita e 2 passaram para um desempenho ambipreferente. Os resultados indicam uma volta à preferência original pela mão direita (Prova Binomial,  $p < 0,05$ ) e garantem que, de fato, a mudança de lateralidade entre condições dependeu do contexto postural.

## Experimento 2

### *Condição quadrupedal*

*L. chrysomelas* x *L. chrysopygus*: Verificou-se, nesta condição, uma diferença significativa entre espécies na frequência com que os indivíduos preferiam a mão esquerda ou a direita (Fisher,  $p < 0,05$ ). Os micos-leões-de-cara-dourada tinham uma preferência populacional significativa pela mão direita (Prova binomial,  $p < 0,01$ ), preferência esta ausente entre os micos-pretos (Prova binomial,  $p > 0,05$ ). O exame dos dados mostra que esta diferença se deve essencialmente a um efeito de interação espécie x gênero: a preferência pela mão esquerda foi maior nos micos-pretos machos do que nas fêmeas e do que em micos-leões-de-cara-dourada.

*Sexo*: A ausência de assimetria nos machos de *L. chrysopygus* se refletiu nos dados globais de comparação entre os sexos. Foram 17 fêmeas destros e 5 canhotas, de um lado, e 9 machos destros para 8 canhotos, de outro. A diferença entre os sexos não foi contudo significativa (Fisher,  $p > 0,05$ ).

### *Condição bipedal*

*Preferência populacional*: Considerando-se apenas, como nas análises anteriores, os indivíduos que tivessem uma preferência individual significativa, verificou-se uma preferência populacional pela direita (Prova binomial,  $p < 0,05$ ).

Havia 28 indivíduos com preferência pela direita, 12 com preferência pela esquerda e 12 ambipreferentes.

*L. chrysomelas* x *L. chrysopygus*: Embora houvesse uma frequência relativa maior de canhotos em *L. chrysopygus*, o teste estatístico não revelou diferença significativa entre as espécies (Fisher,  $p > 0,05$ ).

*Sexo*: Não houve diferença significativa entre sexos, na condição bipedal (Fisher,  $p > 0,05$ ).

### Comparação entre as condições quadrupedal e bipedal

As posturas assumidas durante a obtenção do alimento, quadrupedal ou bipedal, não levaram a diferenças significativas de lateralidade (Fisher,  $p > 0,05$ , Figura 4).

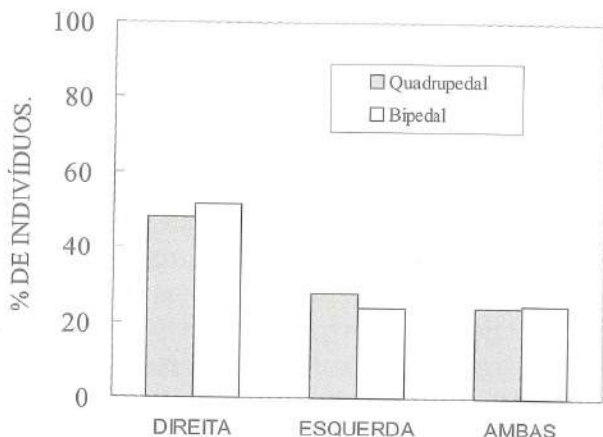


Figura 4. Porcentagem de micos com preferência pela direita, pela esquerda ou ambipreferência em postura quadrupedal e postura bipedal (Experimento 2).

## DISCUSSÃO

### Determinação contextual da lateralidade

Nosso primeiro trabalho apresentado a respeito de lateralidade em micos-leões tinha por título “o mico-leão-de-cara-dourada e o mico-leão-preto são destros” (Diego *et al.* 1998). Aqui, a destreza foi confirmada na maioria dos contextos em que testamos os animais: na condição de agarramento à grade (Experimento 1) e nas condições bipedal e quadrupedal (excetuando-se, neste caso, os machos de *L.*

*chrysopygus*, Experimento 2). Ela também foi encontrada, em vários contextos de obtenção de alimento, por Singer & Schwibbe (1999).

A destreza não pode, contudo, ser tomada como um viés presente em qualquer contexto de manipulação ou de coleta de alimento. Micos-leões, que têm preferência populacional pela direita quando agarrados a uma grade, perdem esta preferência quando testados num contexto de apanhar itens alimentares numa superfície horizontal e a recuperam quanto submetidos novamente à situação de grade. De fortemente destros numa situação, alguns indivíduos se tornam fortemente canhotos na outra e esta transferência do viés de uma mão para outra sugere que devam ser tomadas com cautela quaisquer afirmações *gerais* sobre a lateralidade dos micos-leões.

Nossos resultados diferem dos de Singer & Schwibbe (1999). A primeira tarefa usada por estes pesquisadores - apanhar itens alimentares de uma caixa disposta no centro de uma mesa - parece análoga à situação em que oferecemos alimento numa bandeja: esperar-se-ia que ambas as situações levasse ao mesmo desempenho. Mas se, na amostra somada de *L. chrysomelas* e *L. chrysopygus*, com 9 indivíduos (Tabela 1. pp.126-127, Singer & Schwibbe, 1999), houve 8 animais destros e 1 canhoto, no contexto de coleta em superfície horizontal de nossa pesquisa, foram 22 animais destros e 24 canhotos. A divergência poderia ser atribuída a uma diferença, mesmo que sutil, entre situações experimentais, embora no momento não nos seja possível atinar qual seja. Também poderia ser decorrente de uma flutuação casual, que o tamanho reduzido da amostra usada por Singer e Schwibbe (1999) propicia. Dos 6 indivíduos de *L. rosalia* do estudo alemão, por exemplo, 2 apenas se mostraram destros, 3 canhotos e 1 ambipreferente, dados insuficientes para garantir destreza populacional na espécie.

Como interpretar a destreza populacional na condição de agarramento à grade e sua perda na condição de coleta em superfície horizontal? Duas suposições iniciais surgiram de uma discussão de nossos dados com Jeannette Ward, da Universidade de Memphis, EUA. A primeira se baseia na idéia desta pesquisadora de que uma postura instável, como possivelmente a que o animal assume agarrando-se a uma grade, reforça vieses de lateralidade, inexistentes ou mais fracos em condições de maior estabilidade (Ward et al., 1993). A segunda, parte da idéia de que talvez a mão esquerda do mico-leão esteja especializada para fornecer apoio, talvez por ser mais forte.

A hipótese de Fagot & Vauclair (1991) oferece outra interpretação interessante. Ela prevê, no caso de tarefas familiares e relativamente simples, uma simetria na distribuição das preferências manuais, e viés populacional no caso de tarefas novas e complexas. Coletar alimento numa bandeja é um desempenho corriqueiro e pouco complexo para micos-leões que recebem sempre seu alimento desta forma, no cativeiro; apanhar o alimento através da grade, os membros agarrados para a manutenção do equilíbrio, um braço esticado em direção a um alvo externo, parece exigir uma maior investimento sensorio-motor. Se válida a

hipótese de Fagot & Vauclair (1991), esperar-se-ia, apenas no caso da bandeja, uma distribuição populacional não lateralizada, o que ocorreu, de fato.

### *Posturas bipedal e quadrupedal*

Familiaridade, complexidade sensório-motora, e necessidade de manutenção do equilíbrio não são as únicas características que diferenciam as condições de agarramento à grade e de coleta em superfície horizontal. Estas condições também diferem pela posição do corpo assumida pelo animal, no primeiro caso, ereta, no segundo caso, inclinada, quadrupedal. Antes de aceitar ou rejeitar a hipótese de Fagot & Vauclair, seria relevante verificar se a simples posição do corpo é capaz de modificar a lateralidade.

O Experimento 2, ao contrastar a postura bipedal (ereta) à postura quadrupedal, fornece uma resposta negativa. O fato de um mico-leão estar ereto ou inclinado não afeta, por sí só, a sua lateralidade. Tomados em conjunto e contrariamente aos do estudo de Singer & Schwibbe (1999), nossos dados apoiam a hipótese de Fagot & Vauclair. (1991).

### *A hipótese da origem postural da lateralidade*

A hipótese da origem postural da lateralidade, de MacNeilage *et al.* (1987), a mais em voga até hoje, nos levaria a prever que primatas, tanto do Novo como do Velho Mundo, usem sua mão esquerda, sob orientação visual, para apanhar itens alimentares e reservem a mão direita para o apoio postural. Quão precisa e rápida deve ser uma resposta para caber na categoria das respostas guiadas visualmente não está muito claro: poder-se-ia incluir nessa categoria tanto a resposta relativamente lenta de apanhar um alimento imóvel (uma larva de tenébrio entre indicador e polegar do experimentador, por exemplo) como um item alimentar em movimento (grilos vivos, por exemplo). Nossos dados, como os de Singer & Schwibbe (1999), não permitem que se aceite a hipótese, seja numa, seja na outra acepção: micos-leões usam predominantemente sua mão direita para apreender e segurar itens alimentares fixos no ambiente ou dotados de movimento.

São muitas agora as evidências contrárias à hipótese da origem postural (ver uma revisão parcial em Hook-Costigan & Rogers, 1996), esta hipótese poderia ser substituída por outra mais abrangente e mais em consonância com as informações recentes. Cabe explorar de modo mais extenso a gama de espécies de primatas, em seu desempenho lateralizado, buscando possíveis relações das preferências manuais com o modo de vida e as demandas do habitat, e investigar mais a fundo os processos subjacentes à manipulação, antes de traçar filogenias. Isso implica em não colocar necessariamente a lateralidade humana como modelo e como critério, mas em pensar a lateralidade animal dentro de sua especificidade.

### ***Diferença entre espécies***

Na maioria das tarefas, o desempenho de *L. chrysomelas* foi semelhante ao de *L. chrysopygus*. Somente na tarefa de coleta em postura quadrupedal é que os micos-leões-pretos se distinguiram dos micos-leões-de-cara-dourada por terem maior proporção de indivíduos machos com preferência pela esquerda, um canhotismo para o qual ainda não temos interpretação clara. Os micos-leões-pretos são, de acordo com observações informais, mais ariscos do que os micos-leões-de-cara-dourada. Poderia o fator emocional fazer pender a balança numa ou noutra direção? Neste sentido, Hook-Costigan & Rogers, (1998) sugerem a possibilidade de que o estresse e a ativação afetem a lateralidade. Para que fosse válida a hipótese, seria ainda necessário supor que os machos de micos-leões-pretos são mais emotivos que as fêmeas, uma inferência arriscada, por enquanto.

A semelhança entre espécies – demonstrada pela primeira vez no presente trabalho (as amostras de Singer & Schwibbe, 1999, pela restrição de número de indivíduos, não permitem uma comparação entre espécies de *Leontopithecus*) – se explica provavelmente pela adaptação das duas espécies a ambientes e modos de forrageamento semelhantes (Kleiman *et al.* 1988).

### ***Diferenças sexuais***

Não houve diferença significativa de lateralidade entre machos e fêmeas de *L. chrysomelas* em qualquer das condições usadas. Machos e fêmeas de *L. chrysopygus* também foram semelhantes, exceto no caso, já citado, da condição quadrupedal do Experimento 2, que não tem por enquanto explicação e que precisaria ser replicado. Diferenças de lateralidade entre sexos não foram encontradas em *Leontopithecus* (Singer & Schwibbe, 1999), nem em *Saguinus oedipus* (King, 1955) ou *Callithrix jacchus* (Hook-Costigan & Rogers, 1998).

### ***Flexibilidade e flutuações de lateralidade***

A mudança marcada de lateralidade manifestada em alguns micos-leões, no Experimento 1 (da destreza para o canhotismo), merece destaque, uma vez que indica a existência, a nível individual, de flexibilidade ou de estratégias especializadas e alternativas de uso das mãos, dependentes do contexto.

Mas há mais do que a flexibilidade de tarefa para outra. Há flutuações da preferência individual, no desempenho da mesma tarefa. Micos-leões que se mostram sistematicamente destros (ou canhotos) em sessões sucessivas, por exemplo, da tarefa de coletar alimento na bandeja, podem, em algumas sessões, optar pelo uso exclusivo ou predominante da mão esquerda (ou direita).



Estas flutuações, cuja origem precisa ser investigada, mostram não existir, ao nível individual, predomínio absoluto ou constante do uso de uma das mãos sobre o uso da outra, do mesmo jeito que há predomínio de uma das mãos em tarefas motoras finas, no caso do ser humano. A lateralidade dos micos-leões parece ser uma lateralidade relativa e oportunista, produto de uma equibração facilmente rompida, se houver condições ambientais ou individuais para tal.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores Carlos Tomaz e Vanner Boere da Universidade de Brasília, pela cooperação; ao Dr. Faíçal Simon, e às biólogas Kátia Cassaro e Mara Cristina Marques de Angelo da Fundação Parque Zoológico de São Paulo pelo apoio; e aos estagiários Guilherme Carneiro, Patrícia Handa, Priscila Queiroz Garcia de São Paulo e Luciene Luiza Rezende e Giuliana Gores de Brasília, pelo entusiasmo e pela dedicação durante a coleta dos dados. A pesquisa recebeu apoio da FAPESP e do CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADES, C. & DIEGO, V.H. 1998. Hand Preferences in lion tamarins *Leontopithecus chrysomelas* and *Leontopithecus chrysopygus*: effects of different postural demands. 9th Meet. of the Intern. Soc. for Comp. Psychol., Cape Town. Abstracts, p. 14.
- ANNETT, M. 1985. Left, right, hand and brain: The right shift theory. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- DIEGO, V.H., ADES, C. & CARNEIRO, G. 1998. O mico-leão-preto são destros. IV Congresso Interno do Instituto de Psicologia da USP, São Paulo. Resumos, p. 95
- DIEGO, V.H.; ADES, C.; BOERE, V.; REZENDE, L.L.; HANDA, P.; GARCIA & TOMAZ, C. 1999. Lateralidade em micos-leões (*Leontopithecus chrysomelas* e *Leontopithecus chrysopygus*). XVII Encontro Brasileiro Anual de Etologia, Botucatu. Resumos de Etologia, p. 96.
- FAGOT, J., & VAUCLAIR, J. 1991. Manual laterality in nonhuman primates: a distinction between handedness and manual specialization. *Psychol. Bull.*, 109, 76-89.
- HOOK-COSTIGAN, M.A., & ROGERS, L.J. 1996. Hand preferences in new world primates. *Intern. J. of Comp. Psychol.*, 173-207.
- HOPKINS, W.D. 1993. Posture and reaching in chimpanzees (*Pan troglodytes*) and orangutans (*Pongo pygmaeus*). *J. of Comp. Psychol.*, 109: 291-297.
- HOPKINS, W.D. 1999. Heritability of hand preference in chimpanzees (*Pan troglodytes*): evidence from a partial interspecies cross-fostering study. *J. of Comp. Psychol.*, 113, 9, 307-313.
- KING, J.E. 1995. Laterality in hand preferences and reaching accuracy of cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *J. of Comp. Psychol.*, 109, 34-41.
- KING, J.E., & LANDAU, V.I. 1993. Manual preference in varieties of reaching in squirrel monkeys. Em J.P. Ward, W. D. Hopkins (Orgs.) *Primate laterality: Current behavioral evidence of primate asymmetries*. New York: Springer-Verlag.

- KLEIMAN, D.G., HOAGE, R.J., & GREEN, K.M. 1988. The lion tamarins, genus *Leontopithecus*. Em R. A. Mittermeier, A.B. Rylands, A.f. Coimbra-Filho, & G.A.B. Fonseca. Ecology and behavior of Neotropical primates. Vol.2. Washington: World Wildlife Fund.
- LEHMANN, R.A.W. 1993. Manual preference in prosimians, monkeys, and apes. Em J.P. Ward & W.D. Hopkins (Org.). Primate laterality: Current behavioral evidence of primate asymmetries. New York: Springer.
- MACNEILAGE, P.F., STUDDERT-KENNEDY, M.G., & LINDBLOM, B. 1987. Primate handedness reconsidered. *Behav. and Brain Sci.*, 10: 247-303
- MCGREW, W.C., & MARCHANT, L.F. 1997. On the other hand: current issues in and meta-analysis of the behavioral laterality of hand function in nonhuman primates. *Yearb. of Phys. Anthropol.*, 40, 201-232.
- OLSON, D.A., ELLIS, J.E., & NADLER, R.D. 1990. Hand preferences in captive gorillas, orangutans, and gibbons. *Am. J. of Primatol.*, 20, 83-94.
- PARR, L.A., HOPKINS, W.D., & DeWAAL, F.B.M. 1997. Haptic discrimination in capuchin monkeys (*Cebus apella*): Evidence of manual specialization. *Neuropsychol.*, 35, 143-152.
- PINTO, L.P.S., & TAVARES, L.I. 1994. Inventory and conservation status of wild populations of golden-headed lion tamarins, *Leontopithecus chrysomelas*. *Neotrop. Primates*, 2: 24-27.
- RONEY, L.S., & KING, J.E. 1993. Postural effects on manual reaching laterality in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) and cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*). *J. of Comp. Psychol.*, 107, 380-385.
- RYLANDS, A.B. 1993. The ecology of the lion tamarins, *Leontopithecus*: Some intrageneric differences and some comparisons with other callitrichids. Em A.B. Rylands (Org.) *Marmosets and tamarins*. Oxford: Oxford University Press.
- RYLANDS, A.B. 1989. Evolução do sistema de acasalamento em Callitrichidae. Em Ades, C. (Org.) *Etologia de animais e de homens*. São Paulo: Edicon, p. 87-108.
- SINGER, S.S., & SCHWIBBE, M.H. 1999. Right or left, hand or mouth: genera-specific preferences in marmosets and tamarins. *Behav.*, 136, 119-145.
- TALEBI, M. & ADES, C. ( neste volume). Um estudo naturalístico da preferência manual em muriquis (*Brachyteles arachnoides*).
- WARD, J.P., & HOPKINS, W.D. 1993. Primate laterality: current behavioral evidence of primate asymmetries. New York: Springer-Verlag.
- WARD, J.P., MILLIKEN, G.W., & STAFFORD, D.K. 1993. Patterns of lateralized behavior in prosimians. Em J.P. Ward, & W.D. Hopkins *Primate laterality: current behavioral evidence of primate asymmetries*. New York: Springer-Verlag.
- WARREN, J.M. 1980. Handedness and laterality in humans and other animals. *Physiol. Psychol.* Vol.8, 351-359.
- WARREN, J.M. 1987. Primate handedness: Inadequate analysis, invalid conclusions. *Behav. and Brain Sci.*, 10, 288-289.
- WESTERGAARD, G.G. KUHN, H.E., & SUOMI, S.J. 1998. Bipedal posture and hand preference in humans and other primates. *J. of Comp. Psychol.*, 112, 55-64.
- WESTERGAARD, G.G. KUHN, H.E., LUNDQUIST, A.L., & SUOMI, S.J. 1997. Posture and reaching in tufted capuchins (*Cebus apella*). *Laterality*, 2, 65-74.

## USO DE FRAGMENTOS PEQUENOS DE MATA ATLÂNTICA PELO MICO-LEÃO-DOURADO, *LEONTOPITHECUS ROSALIA*

LEONARDO C. OLIVEIRA<sup>1</sup>, FERNANDO A. S. FERNANDEZ<sup>1</sup>, GILBERTO M. SCHITTINI<sup>1</sup> & MARCELO PASSAMANI<sup>2</sup>

1- Departamento de Ecologia, CCS, Universidade Federal do Rio de Janeiro, C.P. 68020, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, 21941-590. E-mail: leoco@biologia.ufrj.br; 2- Museu de Biologia Mello Leitão, 29650-000, Santa Teresa, ES. E-mail: pasamani@terra.com.br

### RESUMO

Durante um estudo desenvolvido desde 1995 em oito fragmentos pequenos de Mata Atlântica, dentro da ReBio Poço das Antas (RJ), foi verificada a presença de *L. rosalia* em três destes fragmentos, com áreas de 8,8 ha, 10,5 ha e 15 ha. O primeiro registro só ocorreu em 1997, dois anos após o início do estudo, e daí em diante houveram 28 registros até dezembro de 1999, sugerindo que foi registrada a colonização dos fragmentos pelos micos. Os animais observados parecem constituir dois grupos e incluíram indivíduos marcados na mata principal da ReBio, assim como outros mais jovens, não marcados, possivelmente nascidos já nos fragmentos. A ocorrência de *L. rosalia* em fragmentos tão pequenos é de especial interesse porque o tamanho dos fragmentos é menor que os tamanhos de áreas de uso de grupos destes micos descritos na literatura. Além disso, este resultado sugere que os micos são capazes de atravessar as áreas de vegetação aberta entre as matas, transpondo distâncias de várias centenas de metros. Esta capacidade é fundamental para permitir que a espécie colonize fragmentos muito pequenos, o que parece ser uma resposta à saturação de populações nas reservas e à intensa fragmentação de seu habitat.

**Palavras-chave:** *Leontopithecus*, fragmentação de habitats, áreas de uso.

### ABSTRACT

Use of very small fragments of Atlantic Forest by the golden lion tamarin, *Leontopithecus rosalia*. During a study developed since 1995 in eight small fragments of Atlantic Forest, within Poço das Antas Biological Reserve (RJ), the presence of *L. rosalia* was verified in three of these fragments, with areas of 8.8 ha, 10.5 ha and 15 ha. The first record took place only in 1997, two years after the beginning of the study and, from then on, there were 28 records until December

1999, suggesting that the colonization of the fragments by the tamarins was recorded. The animals observed seem to form two groups and included individuals marked in the Biological Reserve's main forest block, along with younger, unmarked individuals, possibly born in the fragments. The occurrence of *L. rosalia* in such small fragments is an interesting result as the areas are smaller than those of the home range areas described in the literature for groups of these tamarins. Also, the results suggest that golden lion tamarins are able to cross stretches of several hundred meters of open vegetation separating forest remnants. This ability is fundamental to allow the species colonizing groups of very small fragments, which seems to be a response to population saturation within the reserves and to the intense fragmentation of its habitat.

**Keywords:** *Leontopithecus*, habitat fragmentation, home range.

## INTRODUÇÃO

Os micos-leões (gênero *Leontopithecus*), endêmicos da Mata Atlântica, são os maiores primatas da família Callitrichidae e os que possuem maiores áreas de uso (Rylands, 1993). Os micos-leões-dourados, *L. rosalia*, originalmente podiam ser encontrados em Mata Atlântica de baixada (raramente ocorrendo a altitudes acima de 300m) em toda a região costeira do estado do Rio de Janeiro (Coimbra-Filho, 1969). Atualmente, a espécie pode ser encontrada em apenas seis municípios no norte do Rio de Janeiro: Silva Jardim, Araruama, Cabo Frio, Saquarema, Rio Bonito e Rio das Ostras (Kierulff, 1993; Associação Mico-Leão-Dourado, 1998). As populações silvestres de *L. rosalia* somam atualmente cerca de 600 indivíduos, a maior parte dos quais vivem em áreas protegidas, principalmente nas Reservas Biológicas Poço das Antas e União, onde a grande maioria dos estudos ecológicos sobre a espécie tem sido realizados. No entanto, como no norte fluminense há poucos remanescentes de Mata Atlântica de baixada, a maioria dos quais de pequena área (Fundação S.O.S. Mata Atlântica *et al.*, 1998), parte dos micos-leões-dourados silvestres atualmente habita matas de pequeno porte, com áreas de poucas centenas de hectares ou menos. Pouco se sabe sobre como estes micos se adaptam a essa paisagem intensamente fragmentada, e este tipo de informação é sem dúvida essencial para a conservação da espécie na situação em que ela hoje se encontra.

Durante a realização de um estudo de ecologia de populações de marsupiais e roedores em um conjunto de pequenos fragmentos florestais isolados da mata principal da Reserva Biológica Poço das Antas, tivemos oportunidade de acompanhar o início da colonização de três dos fragmentos por *L. rosalia*. Este evento é de especial interesse para a conservação, uma vez que a área de cada um dos fragmentos ocupados (variando de 8,8 ha até 15 ha) é menor até mesmo que as áreas de uso desta espécie (cerca de 40 - 50ha) que haviam sido descritas em

estudos anteriores (Kleiman *et al.*, 1986; Kierulff, 1993; Dietz *et al.*, 1994; Dietz *et al.*, 1997).

O presente trabalho tem o objetivo de descrever os registros de *L. rosalia* nesse sistema de fragmentos, discutir os mecanismos que podem estar agindo para permitir sua ocorrência em fragmentos tão pequenos e levantar algumas implicações deste padrão para a conservação da espécie.

## MÉTODOS

A área de estudo, conhecida como "Ilhas dos Barbados", é situada na extremidade sul da Reserva Biológica de Poço das Antas, no município de Silva Jardim, RJ (22°30' -22°33'S, 42°15' -42°19'W). As "Ilhas" são constituídas por oito fragmentos pequenos de Mata Atlântica, com área de 1,5 a 15 ha (Figura 1), moderadamente perturbados por incêndios ocorridos no passado e por efeitos de borda. O dossel está a cerca de 20m de altura, com árvores emergentes atingindo de 25 a 30m. O sub-bosque é pouco denso, sendo constituído por plântulas e um grande número de palmeiras, principalmente pindoba (*Attalea humilis*) e iri (*Astrocaryum aculeatissimum*). Os fragmentos distam cerca de 2 km da mata principal da ReBio, estando separados entre si por distâncias da ordem de centenas de metros (Figura 1). As áreas situadas entre os fragmentos são ocupadas por vegetação aberta composta principalmente por gramíneas, samambaias (*Pteridium* sp.) e umas poucas árvores pioneiras (principalmente *Trema micrantha* e embaúba, *Cecropia pachystachya*). Apesar dos intensivos trabalhos de campo realizados pelo Projeto Mico-Leão-Dourado em toda a ReBio desde 1983, micos-leões-dourados nunca haviam sido detectados anteriormente em toda a região das Ilhas dos Barbados.

Os registros de micos foram obtidos através de capturas nas armadilhas usadas para capturas de pequenos mamíferos, e de observações diretas durante nossos trabalhos nos fragmentos. As armadilhas utilizadas foram Sherman XLF15 (38 x 10 x 12 cm), colocadas no chão e em árvores a 1,5-2 m de altura, e Tomahawk 603 (49 x 17 x 17 cm) colocadas apenas no chão. Como isca foi usada uma pasta formada de banana, manteiga de amendoim, aveia e bacon, colocada sobre uma rodela de aipim. As amostragens foram feitas em todos os fragmentos, ao longo de trilhas com armadilhas cobrindo toda a área de cada fragmento.

Os fragmentos foram amostrados periodicamente com sessões de captura de quatro ou cinco dias mensais, durante o período de março de 1995 a dezembro de 1999. Os exemplares de *L. rosalia* capturados foram soltos no mesmo local de coleta, sem serem marcados. Quando os animais foram observados em torno ou próximo de um indivíduo capturado, todos foram considerados como pertencentes ao mesmo agrupamento. Nestes casos, cada um de tais eventos foi considerado como um único registro, a fim de garantir a independência das observações.

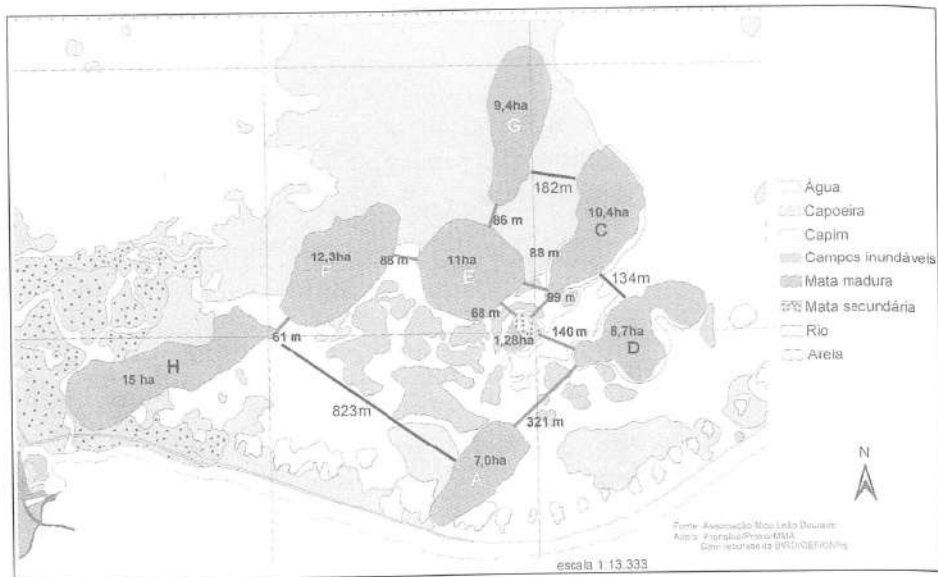


Figura 1. Mapa dos tipos de vegetação das Ilhas dos Barbados, na parte sul da ReBio Poço das Antas (RJ), mostrando as posições relativas dos fragmentos estudados, seus respectivos tamanhos e as distâncias entre eles. Os códigos dos fragmentos usados por *L. rosalia* estão em negrito

## RESULTADOS

A presença de *L. rosalia* nas Ilhas dos Barbados foi registrada pela primeira vez no fragmento D em fevereiro de 1997. Deste mês até dezembro de 1999, houveram 28 registros independentes para a espécie, em três fragmentos diferentes (Tabela 1). As capturas foram obtidas apenas em armadilhas Tomahawk, nos fragmentos C (10,5 ha) e D (8,8 ha). Já as observações ocorreram nos fragmentos C, D e H (15 ha).

Alguns *L. rosalia* adultos capturados estavam com marcas na cauda como as usadas em micos estudados na área principal da ReBio pelo Projeto Mico-Leão-Dourado. No agrupamento registrado no fragmento H não foi observada a presença de filhotes. Já no agrupamento observado em C e D foram capturados e observados filhotes e jovens da espécie, não marcados, possivelmente nascidos já nos fragmentos. Em 28 de junho de 1999 um agrupamento de *L. rosalia* foi observado no fragmento H e outro no C, onde ocorreu também uma captura. O intervalo de tempo entre estes registros foi de menos de duas horas e a distância entre esses dois fragmentos em linha reta é de aproximadamente 1200m.

Tabela 1. Registros de *L. rosalia* nos fragmentos de mata das "Ilhas dos Barbados", na parte sul da ReBio Poço das Antas, RJ: data, local e características de cada registro.

DATA	FRAGMENTO	TIPO DE REGISTRO	N de INDIVÍDUOS
23/02/1997	D	Captura	1
16/09/1997	H	Observação	1
15/10/1997	D	Captura	2
04/02/1998	D	Captura	1
17/05/1998	C	Captura	1
18/05/1998	C	Captura	1
22/06/1998	D	Captura e observação	1 cap. e 3 obs.
23/08/1998	D	Captura	1
24/08/1998	D	Captura	1
28/10/1998	D	Captura	1
30/10/1998	D	Captura	1
20/11/1998	H	Observação	2 a 4
13/12/1998	D	Observação	1
17/12/1998	H	Observação	2 a 4
20/12/1998	D	Observação	2 a 4
06/02/1999	C	Captura	1
07/02/1999	C	Captura	1
08/02/1999	C	Observação	3
21/02/1999	D	Observação	1
22/02/1999	D	Observação	1
27/03/1999	H	Observação	2
19/04/1999	D	Captura e observação	1 cap. e 3 obs.
03/05/1999	H	Observação	3
02/06/1999	H	Observação	4
13/06/1999	H	Observação	1
28/06/1999	H	Observação	3
28/06/1999	C	Captura e observação	1 cap. e 2 a 4 obs.
07/12/1999	H	Observação	2

## DISCUSSÃO

A presença de *L. rosalia* nas Ilhas dos Barbados só foi constatada após dois anos de estudos intensos e frequentes na área, e depois disso as observações foram frequentes ao longo dos anos seguintes. Este padrão sugere que nós registramos o início da colonização dos fragmentos pela espécie. Os resultados indicam também que os animais foram capazes de transpor a distância entre os vários fragmentos, atravessando pelo chão a matriz de vegetação aberta. O evento de colonização pode estar relacionado à saturação populacional da ReBio pelos *L. rosalia*. Em 1998 havia cerca de 350 micos em Poço das Antas, o que parece corresponder à capacidade de suporte da ReBio, que tem quase 3000 ha de mata (Associação Mico-Leão-Dourado, 1998).

O registro de dois grupos em diferentes áreas (fragmentos H e C) em um curto intervalo de tempo sugere que o sistema de fragmentos já está sendo dividido entre pelo menos dois grupos de *L. rosalia*. O que parece mais provável é que um dos grupos tenha se estabelecido no fragmento H enquanto o outro esteja utilizando os dois fragmentos menores e mais isolados, C e D (Figura 1). A presença de filhotes e jovens sugere que pelo menos neste último agrupamento possa estar ocorrendo reprodução nos fragmentos.

Na maioria dos estudos, tem sido observado que a área média de uso de grupos de *L. rosalia* é de cerca de 40-50 ha, embora haja muita variação (e.g. Kleiman *et al.*, 1986; Dietz *et al.*, 1994; Dietz *et al.*, 1997). Até onde sabemos, a menor área de uso de um grupo já registrada na literatura foi de 21,3 ha em uma área da mata principal da ReBio Poço das Antas, onde foi constatada uma grande densidade de árvores frutíferas, principalmente *Symphonia globulifera*, bastante utilizada por *L. rosalia* (Dietz *et al.*, 1997; Peres, 1986). Isto pode explicar em parte o pequeno tamanho da área de uso observada. Já em fragmentos pequenos a menor área de uso encontrada na literatura foi de 27 ha em um fragmento de 33 ha de mata, na Fazenda Otacílio Melo, município de Araruama, RJ (Kierulff, 1993).

No presente estudo, no entanto, a espécie foi observada utilizando fragmentos muito menores que nos estudos anteriores, incluindo um de apenas 8,8 ha. Em uma caracterização superficial da composição vegetal dos fragmentos (L. F. Morais & C. Luchiari, comunicação pessoal) não foram encontradas espécies normalmente presentes na dieta dos *L. rosalia*, especialmente *S. globulifera*, que é uma espécie fundamental para a provisão de néctar para *L. rosalia* (Peres, 1986). Outro recurso importante descrito na literatura e que é praticamente ausente nos fragmentos são as bromélias. Dietz *et al.* (1997) observaram que os *L. rosalia* passam grande parte do tempo forrageando em bromélias e palmeiras. Por outro lado, os fragmentos estudados no presente trabalho, apesar de sua pequena área, parecem ter sido muito pouco perturbados por extração seletiva de madeira e



portanto possuem grande abundância de árvores grandes e ocos que poderiam ser utilizados como abrigo (Dietz *et al.*, 1997), além de palmeiras que podem abrigar presas animais como insetos e pequenos vertebrados como anfíbios.

Uma outra hipótese, não mutuamente exclusiva, é que a sobrevivência dos micos em fragmentos tão pequenos seja possibilitada pelo fato de que, sendo matas secundárias perturbadas por fogo e efeito de borda, o crescimento e a produção primária de sua vegetação sejam maiores que em matas mais maduras, permitindo que os micos obtenham os recursos necessários em áreas menores do que as que seriam necessárias em matas maduras. Dietz *et al.* (1994) sugeriram que *L. rosalia* poderiam usar áreas menores em florestas secundárias do que em florestas primárias, que geralmente são menos produtivas.

Cabe notar que, na ausência de translocações intencionais, a capacidade de os animais se deslocarem pelo capinzal entre as áreas parece ser um fator necessário para explicar a presença de micos-leões-dourados nesses fragmentos isolados. Micos-leões-dourados translocados já foram observados atravessando áreas de pasto de mais de um quilômetro (P. P. de Oliveira, comunicação pessoal). Esta capacidade pode permitir que a espécie use sistemas de fragmentos que à primeira vista pareceriam pequenos demais, desde que o arranjo espacial das matas na paisagem e as características da matriz permitam que as áreas de uso de um único agrupamento incluam vários fragmentos. No cenário atual, no qual populações crescentes de *L. rosalia* tem que lidar com uma paisagem formada por fragmentos de mata cada vez menores, é provável que algumas surpresas ainda nos aguardem em relação à flexibilidade comportamental desta espécie já tão estudada em áreas mais extensas.

## AGRADECIMENTOS

A todos os colegas que participaram do trabalho de campo. A James Dietz, Carlos Ruiz-Miranda, Carlos E. Grelle, José de Souza e Silva Jr. e Paula P. de Oliveira pelas discussões, e a Alexandra S. Pires pela leitura crítica do manuscrito. Ao IBAMA, especialmente através de Whitson Júnior, Ivandy Castro Astor e Dionísio Pessamílio, pela permissão para trabalhar em Poço das Antas e pelo apoio. À Denise Rambaldi e à Associação Mico-Leão-Dourado pelo valioso apoio e colaboração. A Luiz Fernando D. Morais e Cíntia Luchiani pela caracterização da vegetação. Ao Programa Nacional de Biodiversidade (PROBIO / PRONABIO - MMA), Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, MacArthur Foundation, Fundação Universitária José Bonifácio, FAPERJ e CNPq pelos financiamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO MICO-LEÃO-DOURADO, 1998. Relatório Anual. Publicação avulsa da Associação Mico-Leão-Dourado, Silva Jardim, RJ, 36 pp.

- COIMBRA-FILHO, A.F. 1969. Mico-Leão, *Leontopithecus rosalia* (Linnaeus, 1766), situação atual da espécie no Brasil (Callitrichidae: Primates). Anais da Academia Brasileira de Ciências, 41 (suplemento): 29-52.
- DIETZ, J.M., SOUZA, N.F. & SILVA, J.R.O., 1994. Population structure and territory size in the golden-headed lion tamarin, *Leontopithecus chrysomelas*. Neotropical Primates, 2 (supplement): 21-23.
- DIETZ, J.M., PERES, C.A. & PINDER, L. 1997. Foraging ecology and use of space in wild golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). American Journal of Primatology, 41: 289-305.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS & INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. 1988. Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período de 1990-1995. Relatório Nacional, São Paulo.
- KIERULFF, M.C.M., 1993. Avaliação das populações selvagens de mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia*, e proposta de estratégia para sua conservação. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, xx + 185 pp.
- 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. In K. Benirschke (Ed.), Primates: the road to self-sustaining populations, Springer-Verlag, New York, p. 959-979.
- PERES, C.A. 1986. Costs and Benefits of Territorial Defense in Golden Lion Tamarins, *Leontopithecus rosalia*. MSc. Dissertation, University of Florida, Gainesville.
- RYLANDS, A.B., 1993. The ecology of the Lion Tamarins, *Leontopithecus*: Some intrageneric differences and comparisons with other Callitrichids. In A.B. Rylands (Ed.). Marmosets and Tamarins - Systematics, Behaviour, and Ecology. Oxford University Press, Oxford, p. 296 - 313.

**INTERNATIONAL COMMITTEES FOR THE RECOVERY AND  
MANAGEMENT OF LION TAMARINS (*LEONTOPITHECUS*)**

DEVRA G. KLEIMAN<sup>1</sup>, JEREMY J.C. MALLINSON<sup>2</sup>  
& MARIA IOLITA BAMPPI<sup>3</sup>.

1- Department of Conservation Biology, National Zoological Park, Washington DC 20008 USA. 2- Durrell Wildlife Conservation Trust, Trinity, Jersey, Channel Islands, JE3 5BP U.K. 3- IBAMA, Diretoria de Ecosystemas, SAIN- Av. L4 Norte, 70.800 Brasilia DF, Brasil

**RESUMO**

**Comitês internacionais para a recuperação e manejo dos mico-leões (*Leontopithecus*).** Muito progresso tem sido feito na conservação da Mata Atlântica e as quatro espécies de *Leontopithecus* que vivem lá, através das atividades coordenadas dos quatro Comitês Internacionais para o Manejo e Recuperação dos *Leontopithecus*. Os Comitês são conselheiros técnicos oficiais para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), no que diz respeito a conservação e manejo dos *Leontopithecus*, incluindo ambas populações *in situ* e *ex situ*. Os membros dos Comitês incluem representantes do IBAMA e pessoas das organizações internacionais governamentais e não-governamentais. Os Comitês promovem os micos-leões como "espécie-bandeira", tendo a intenção da preservação do único ecossistema Mata Atlântica e seus muitos animais e plantas endêmicos. Os Comitês tem biólogos de campo e de zoológicos, educadores, conservacionistas, e administradores. Eles encorajam o trabalho multidisciplinar, sendo flexíveis, assumindo riscos, colaborando e procurando resolver os problemas através das decisões participatórias do time semi-autônomo. Nós apresentamos o resumo da história, organização, estrutura e funcionamento dos Comitês e damos exemplos das suas atividades.

**Palavras-chave:** micos-leões, conservação, espécies-bandeira, *Leontopithecus*.

**ABSTRACT**

Much progress has been made in the conservation of the Brazilian Atlantic Forest and the four lion tamarin (*Leontopithecus*) species that live there by activities coordinated and integrated by four International Committees for the Recovery and Management of *Leontopithecus*. The Committees are official technical advisors to

the Brazilian federal environmental agency (IBAMA) on the conservation and management of both the *in situ* and *ex situ* populations of *Leontopithecus*; Committee members include IBAMA representatives as well as individuals from Brazilian and international government and non-governmental organizations. The Committees promote lion tamarins as 'flagship' species, the ultimate intent being the preservation of the unique Mata Atlântica ecosystem and its many endemic plants and animals. The Committees include field biologists, zoo biologists, educators, conservationists and administrators and encourage multidisciplinary, flexible, risk-taking, collaborative and 'bottom-up' approaches to problem-solving and participatory decision-making through the semi-autonomous teams. We present a summary of the history, organization, structure and functioning of the Committees and give examples of their activities.

**Key words:** lion tamarins, conservation, flagship species, *Leontopithecus*.

## INTRODUCTION

Three of the four species of the genus *Leontopithecus* are considered among the top 25 of the World's Most Endangered Primates (Rylands, 1993; Time Magazine, 17 January 2000). Of the four, the black lion tamarin (*L. chrysopygus*) was thought to be extinct until the early 1970s (Coimbra-Filho, 1970) and a second, the black-faced lion tamarin (*L. caissara*), was only just discovered in 1990 (Lorini and Persson, 1990). Except for the golden-headed lion tamarin (*L. chrysomelas*), which may number several thousands in the wild (Pinto and Tavares, 1994), the wild populations of the three most endangered of the lion tamarins currently all number below 1000. And this is the case despite nearly three decades of research and conservation efforts for these species.

Over the last half century, there has been an incredible amount of development and forest exploitation in the Mata Atlântica of Brazil, home to the lion tamarins. Moreover, these callitrichids have always been a zoo favorite and attractive as private pets. It is almost a certainty that at least two of the species would be extinct today without global efforts to preserve them over the last 3 decades. The purpose of this paper is to describe some of the history of the preservation efforts for the genus *Leontopithecus*, focusing on the role of the International Committees that were established by the Federal agency IBAMA as advisors to the Brazilian government on research and conservation efforts for the species.

## EARLY CONTRIBUTIONS

The earliest appeals to stop the exploitation of lion tamarins in the wild came from Ademar Coimbra-Filho and Alceo Magnanini in the mid-1960s, when surveys by Coimbra indicated that the golden lion tamarin (*L. rosalia*) and its habitat

were fast disappearing (Coimbra-Filho, 1969; Coimbra-Filho and Magnanini, 1968). About the same time, the species was listed in the IUCN Red Data Book (1966); the American Association of Zoological Parks and Aquariums (now AZA) also blacklisted golden lion tamarins from further importation for zoos in the late 1960s.

In 1972, a watershed conference (Bridgwater, 1972) was held at the National Zoological Park in Washington, D.C. Global experts in callitrichid biology, including Coimbra and Magnanini from Brazil, reviewed existing knowledge of lion tamarins and other callitrichids and proposed a strategic plan for research and conservation for both the wild and captive populations of *rosalia*. Many of these plans for *rosalia* were acted upon over the next decade. By the mid-1980s, the global captive population was secure and well-managed genetically and demographically, a long-term field study of the wild population was ongoing in the Poço das Antas Biological Reserve, and a reintroduction program, using captive-born animals, had been initiated (Beck et al., 1991; Kleiman et al., 1986; Kleiman et al., 1990). Moreover, in 1981, Kleiman obtained a unique agreement from all *rosalia* owners and holders that 1) they would adhere to certain protocols and standards in the handling and management of their tamarins, 2) they would not use their tamarins for commercial purposes (buy, sell or trade them), and 3) they would abide by the recommendations of the Studbook keeper in the pairing and breeding of their specimens, including shipping them to other institutions when requested. Additionally, during the 1970s and early 1980s, captive breeding of *rosalia* and the black lion tamarin (*L. chrysopygus*) was proceeding at the Rio de Janeiro Primate Center (CPRJ), founded by Coimbra-Filho.

Between the mid-1970s and the mid-1980s, the Brazilian government and the state governments established a set of biological reserves, with the intent of protecting not only the lion tamarins, but also all of the unique endemic fauna and

Table 1. The initial formation of protected areas for *Leontopithecus* spp.

	Name	Year
<i>L. rosalia</i>	Poço das Antas #	1974
	União #	1998
<i>L. chrysopygus</i>	Morro do Diabo	1941
	Reserva do Pontal	1942
	Gália (Caetetus)	1976
<i>L. chrysomelas</i>	Una #	1980
<i>L. caissara</i>	Guaraquecaba	1984
	Superagüi #	1989

# National Reserves of IBAMA

flora of this region. The history of the initial formation of protected areas for the species of *Leontopithecus* is presented in Table 1. The development of these reserves was accomplished with considerable input and effort from Adelmar Coimbra-Filho, who worked tirelessly for the conservation of Brazilian primates throughout his extraordinary career.

## FIELD ACTIVITIES

During the 1960s, Coimbra traveled throughout the Atlantic Forest surveying the fauna and flora of the region. In 1970, he rediscovered the black lion tamarin, a species that had not been seen by biologists since the turn of the last century. Coimbra raised concerns both nationally and internationally about the declining population numbers of these species (Coimbra-Filho, 1970; Coimbra-Filho and Magnanini, 1972). Yet, there were no complete censuses conducted for any of the species (although there were some brief surveys done during the 1980s, e.g. for *rosalia*, Green, 1980 and for *chrysomelas*, Rylands, *et al.*, 1991/1992). Indeed, it took until the early 1990s before there were systematic comprehensive censuses done for 3 or the 4 species (Kierulff and Oliveira, 1996; Kierulff, *et al.*, 1997; Pinto and Tavares, 1994; Pinto and Rylands, 1997; Valladares-Pádua and Cullen, 1994). Surveys of *caissara* were also conducted in the early 1990s (Persson and Lorini, 1993; Martuscelli and Rodrigues, 1992), but even today, we do not have a clear understanding of the population numbers and geographical distribution of this species.

Anthony Rylands conducted the first systematic field study of a lion tamarin in 1980 (on *chrysomelas*, Rylands, 1982, 1989). In 1983, James Dietz initiated a field study of *rosalia* in the Poço das Antas Reserve. This ongoing project, co-coordinated by Dietz and Andrew Baker, is now the longest-running, largest uninterrupted study for any callitrichid species (Baker *et al.*, 1993; Dietz and Baker, 1993; Dietz *et al.*, 1994; Dietz *et al.*, 1997).

Dietz initiated a similar field study of *chrysomelas* in 1991 although with smaller numbers of monitored groups. Valladares-Pádua began a field program for *chrysopygus* in 1984 in Morro do Diabo state reserve which has continued until the present, although with periodic interruptions of data collection, and a smaller monitored population than *rosalia* (Valladares-Pádua, 1993; Valladares-Pádua and Cullen, 1994). There have also been some shorter field studies of *chrysopygus* (Carvalho and Carvalho, 1989; Keuroghlian, 1990; Passos, 1997a,b). Valladares-Pádua and associates initiated long-term observations of *caissara* in 1995. A summary of the locations and dates of field research for *Leontopithecus* is presented in Table 2.

Reintroduction and translocation have also been used as part of a multi-

faceted conservation program for *rosalia* and *chrysopygus*. Table 3 summarizes the information available for the reintroductions and translocations of lion tamarins. Field studies and systematic monitoring of *rosalia* that have been reintroduced (from zoos) and translocated have been ongoing since 1984 (Beck *et al.*, 1991) and 1994 (Kierulff and Oliveira, 1996) respectively.

Between May 1984 and December 1999, 147 *rosalia* were reintroduced (Beck and Martins, 2000), of which 7 were confiscated wild born tamarins. With a lifespan of 10-15 years, only 14 of the reintroduced tamarins survived as of December 1999. However, 288 wild born descendants of the original reintroduced animals also survive, making the total number of tamarins surviving from the reintroduction program over 300 (Beck and Martins, 2000), nearly 30% of the entire wild *rosalia* population.

Table 2. Field research on *Leontopithecus*

	Date	Location
<i>L. rosalia</i>	1983- Pres	Poço das Antas Reserve, Rio de Janeiro local region, RJ (Reintroduction) União reserve, RJ (Translocation)
	1984- Pres	
	1994- Pres	
<i>L. chrysopygus</i>	1984- Pres	Morro do Diabo Reserve, São Paulo Caetetus, SP Caetetus
	1988- 1991	
	1993- 1996	
<i>L. chrysomelas</i>	1980	Lemos Maia, Bahia Una Reserve, Bahia
	1991- Pres	
<i>L. Caissara</i>	1995- Pres	Superagüi National Park

Table 3. Reintroduction (R) and Translocation (T) programs for *Leontopithecus* (see also text).

	Date	Location	Surviving Tamarins
<i>L. rosalia</i>	1984-Pres (R)	Within Rio de Janeiro state	>300
	1994-Pres (T)	União Reserve, RJ	>75
<i>L. chrysopygus</i>	1995 (T)	Mosquito Ranch, São Paulo	one group
	1999 (T)	Mosquito Ranch, SP	one group
<i>L. chrysomelas</i>	1980s (R)	Una Reserve, Bahia	many (?)
<i>L. caissara</i>		not applicable	

The first reintroductions totaling 26 captive-born tamarins occurred in an isolated forest patch within the Poço das Antas Reserve in 1984 and at a second protected site in 1985. Surviving animals were moved from the second site to the isolated forest patch within Poço das Antas, but by December 1986, only 5 of the original 26 survived and reproduced. Since then, all reintroductions have occurred on 15 privately held ranches in the state of Rio de Janeiro, mainly within the municipalities of Silva Jardim and Casimiro de Abreu. Thus the reintroduced population is currently maintained separately from the natural wild Poço das Antas Reserve population (Beck and Martins, 2000).

Thirty-two wild born *rosalia* were translocated to Fazenda (now Reserva Biologica) União from isolated threatened forest patches between 1994 and 1997. União Reserve initially had no wild tamarins; now over 100 tamarins survive there (Procopio and Kierulff, Personal Communication)

Translocations of *chrysopygus* have also occurred, although in smaller numbers (Valladares-Pádua, Personal Communication), and one captive-born male was reintroduced with wild born females in 1999, but did not survive (Wormell, 1999). Many confiscated *chrysomelas* were reintroduced into the Una Reserve in the 1980s, but without monitoring. Thus, it is impossible to know how many survived.

## IRMC DEVELOPMENT

In 1983/84, a large number of *chrysomelas* were exported illegally from Brazil to Europe and Japan. As part of the effort to confiscate and repatriate the tamarins, IBAMA (then IBDF) asked Jeremy Mallinson, Director of the Jersey Zoo, to establish an International Committee for the Recovery and Management (IRMC) of *L. chrysomelas* (Mallinson, 1984, 1987). Since there already existed such a Committee for the management of the captive *rosalia*, and since the *chrysomelas* IRMC was formed to deal primarily with the restitution of the illegally-held captive *chrysomelas*, the *chrysomelas* IRMC was modeled after the *rosalia* committee. A similar IRMC, chaired by Façal Simon of the São Paulo Zoo, was formed in 1987 for *chrysopygus* in order to oversee the conservation and research efforts for both the wild and captive populations. The impetus for the *chrysopygus* IRMC creation was the need for greater coordination of efforts between Federal and State agencies and individual researchers. By 1988, when the International Primatological Society meetings were held in Brasilia, and both the *chrysopygus* and *chrysomelas* IRMCs had their annual meetings, it was clear that the three Committees would profit by much closer interactions. Indeed, the *rosalia* Management Committee (MC) elected the Chairs of the other two Committees to the *rosalia* MC later that year.



In 1990, the four Committees met together for the first time at a Population and Habitat Viability Assessment (PHVA) for *Leontopithecus* involving all 4 species (the year *caissara* was first described) (Seal et al., 1990; Rylands, 1993/1994). The IRMCs have met together annually since 1992. Also, in 1990, a formal government decree was issued, which made three of the four Committees official advisers to the Brazilian government (the decree for the *caissara* committee was published in 1992) (IBAMA 1990,1992). The sphere of activity for the IRMCs included all conservation and research efforts for the species both *in situ* and *ex situ*. IRMC members are conservationists, field biologists, zoo biologists, educators, curators, and administrators. The history of the formation of the Committees is presented in Table 4.

Table 4. The creation of the Committees

	Informal	Government decree (IBAMA)
<i>L. rosalia</i> **	1981	1990
<i>L. chrysopygus</i>	1987	1990
<i>L. chrysomelas</i>	1985	1990
<i>L. caissara</i>	1990	1992

\*\*The ownership of the global captive population was returned to Brasil in 1991.

IBAMA's recognition of the commitment of the international community to the conservation of the genus facilitated the extraordinary 1991 agreement by zoos around the globe (except for one) to return the ownership of all captive golden lion tamarins to the people of Brazil. By 1993, the Committees decided to have regular symposia on the progress in research, education and conservation for *Leontopithecus* since the amount of work being accomplished had so increased that it was difficult to keep current. Table 5 summarizes the major workshops and conferences that have contributed to our knowledge of the biology and conservation of these unique primates. In 1999, IBAMA and the Committees agreed to consolidate further by combining the Committees into a single group. The single Committee's new title is the International Committee for the Conservation and Management of the Lion Tamarins; it has been ratified by IBAMA Portaria 746, dated 15 December 1999.

Table 5. Important conferences and workshops in the history of *Leontopithecus*

1972- Saving the Lion Marmoset, Washington, DC (Bridgwater, 1972)
1975- Biology and Conservation of the Callitrichidae, Washington, DC (Kleiman, 1977)
1977- Marmoset Workshop, Göttingen, Germany (Rothe, Wolters and Hearn, 1978)
1988- International Primate Congress, Brasilia
1990- 1 <sup>st</sup> PHVA Workshop, Belo Horizonte (Seal, Ballou and Valladares-Padua, 1990)
1992- 1 <sup>st</sup> Annual Meeting of the Committees, Rio de Janeiro
1993- 1 <sup>st</sup> Symposium about <i>Leontopithecus</i> , Rio de Janeiro
1994- 2 <sup>nd</sup> Symposium about <i>Leontopithecus</i> , Ilheus, Bahia (Rylands and Rodrigues-Luna, 1994)
1997- 3 <sup>rd</sup> Symposium about <i>Leontopithecus</i> , Belo Horizonte
1997- 2 <sup>nd</sup> PHVA Workshop, Belo Horizonte (Ballou, Lacy, Kleiman, Rylands and Ellis, 1998)

## IRMCs FUNCTIONS

The functions of the IRMCs for *Leontopithecus* are presented in Table 6 (see also Kleiman and Mallinson, 1999). The Committees are responsible for reviewing and evaluating proposals and assessing progress in the research and conservation activities for the four species and then making recommendations for action to IBAMA. The area of influence encompasses both the captive and wild animals, and indeed, for *rosalia* and *chrysopygus*, the long-term Masterplans involve metapopulation management of *in situ* and *ex situ* populations (Ballou *et al.*, 1998). Since the survival of the four species depends on the protection and augmentation of their critical habitat, the IRMCs also are active in promoting the survival of the lion tamarins as *flagship* species (Dietz *et al.*, 1994) for the Mata Atlântica and its unique fauna and flora. The IRMCs have endorsed and supported the acquisition of land for reserves, the elimination of squatters, the reduction in human influence on the habitat, and the restoration of degraded areas by reforestation.

Table 6. The functions of the *Leontopithecus* Committees

- 
1. To promote the species of *Leontopithecus* as **flagship** species for the preservation of the Atlantic Forest.
  2. To evaluate and make recommendations to IBAMA concerning proposals for research and conservation.
  3. To develop new methods and models for the conservation of species, especially for the management of metapopulations (examples: reintroduction and translocation)
  4. To promote collaboration in research and conservation of these 4 species in nature and captivity.
  5. To make recommendations to IBAMA concerning the distribution and management (genetic and demographic) of the populations of the species in captivity
  6. To promote the development of programs of environmental education and programs to improve the socio-economic conditions in the region.
- 

The IRMCs also promote community conservation education on environmental issues, and target not only school children, but also landowners and politicians who have influence on community development and socio-economic issues (Pádua, 1994; Dietz and Nagagata, 1995). Ultimately, the IRMCs support an integrated conservation and development effort that involves the local community. Indeed, one of the main areas of interest is in the potential role of ecotourism in fostering economic growth and stability.

Conservation and research proposals are reviewed for scientific soundness and for feasibility. The IRMCs recommend actions to IBAMA, which has ultimate decision-making authority. The IRMCs usually provide suggestions for improvement

to proposals, rather than just accepting or rejecting them. Joint meetings provide an opportunity for cross-fertilization, collaboration and sharing of experiences and techniques. The IRMCs encourage partnerships to enhance the potential for the conservation of the four lion tamarin species, thus the programs have support from multiple national and international NGOs, zoos, and universities.

The IRMCs have no staff or budget, thus all of the members participate on a voluntary basis. Although meetings occur annually, there is regular contact throughout the year. Most recently, the IRMCs have been active in raising funds for the Lion Tamarins of Brazil Fund (LTBF), which supports field research and conservation efforts for the four species. The LTBF was formed in the mid-1990s by Gerald Durrell as a mechanism to support ongoing field conservation and research efforts and to launch new initiatives. In recent years, the Margot Marsh Biodiversity Foundation has matched funds raised by the LTBF, thus doubling the amounts available for distribution. As part of the fund-raising effort, a Newsletter, *Tamarin Tales*, is edited and published annually by Jon Ballou, National Zoological Park.

While the IRMCs provide support and guidance to the conservation and research activities for *Leontopithecus*, they do not micro-manage. Independent teams tend to develop separate projects and raise the funds for implementation. Thus, lion tamarin research and conservation has been financed by dozens of non-profit and for-profit organizations as well as government agencies and universities. The independence of the teams encourages greater flexibility and risk-taking, which ultimately leads to the development of creative new techniques and methodologies. The lack of hierarchical control and participatory decision-making structure are an unusual, but highly effective tool for conservation that contrasts with most government-funded endangered species recovery programs, especially in the United States. Thus, the *Leontopithecus* IRMCs are an important model for the organization and implementation of conservation internationally.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We are extremely grateful to those members of IBAMA who helped create and sustain these Committees, especially J. Wallauer and R. Mamede and to the Co-chairs of the Committees, especially Ademar Coimbra-Filho, Façal Simon, Alcides Pissinatti, Anthony Rylands, Jonathan Ballou, and Ibsen Gusmão Câmara.

## LITERATURE CITED

- BAKER, A.J., DIETZ, J.M. & KLEIMAN, D.G. 1993. Behavioural evidence for monopolization of paternity in multi-male groups of golden lion tamarins. *Animal Behaviour* 46: 1091-1103.

- BALLOU, J. D., LACY, R. C., KLEIMAN, D. G., RYLANDS, A. B. & ELLIS, S. (Editors). 1998. *Leontopithecus* II: The Second Habitat and Viability Assessment for Lion Tamarins (*Leontopithecus*). IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group (CBSG), Apple Valley, Minnesota.
- 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. *Dodo, Journal of the Jersey Wildlife Preservation Trust* 27: 50-61.
- BECK, B. B. & MARTINS, A. F. 2000. Update on the golden lion tamarin reintroduction. *Tamarin Tales* 4: 7-8
- BRIDGWATER, D. D. (Editor). 1972. *Saving the Lion Marmoset*. Wild Animal Propagation Trust, Wheeling, West Virginia.
- CARVALHO, C. T. DE & CARVALHO, C. B. DE. 1989. A organização social dos saúis-pretos, (*Leontopithecus chrysopygus* Mikan), na Reserva em Teodoro Sampaio, São Paulo (Primates, Callitrichidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 6: 707-717.
- COIMBRA-FILHO, A. F. 1969. Mico-leão, *Leontideus rosalia* (Linnaeus 1766), situação atual da espécie no Brasil (Callitrichidae - Primates). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 41 (Suplemento): 29 - 52.
- 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), *Revista Brasileira de Biologia* 30 (2): 249 - 268.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MAGNANINI, A. 1968. Animais raros ou em vias de desaparecimento no Brasil. *Anuario Brasileiro de Economia Florestal* 19: 149-177.
- COIMBRA-FILHO, A. F. & MAGNANINI, A. 1972. On the present status of *Leontopithecus*, and some data about new behavioural aspects and management of *L. rosalia*. In D. D. Bridgwater (Ed). *Saving the Lion Marmoset*. Wild Animal Propagation Trust, Wheeling, West Virginia, p. 59-69.
- DIETZ, J. M., & BAKER, A. J. 1993. Polygyny and female reproductive success in golden lion tamarins, *Leontopithecus rosalia*. *Animal Behaviour* 46: 1067-1078.
- DIETZ, J. M., BAKER, A. J. & MIGLIORETTI, D. 1994b. Seasonal variation in reproduction, juvenile growth and adult body mass in golden lion tamarins. *Am. J. Primatol.* 34:115-132.
- DIETZ, J. M., DIETZ, L. A. & NAGAGATA, E. 1994a. The effective use of flagship species for conservation of biodiversity: the example of lion tamarins in Brazil. In P. J. S. Olney, G. M. Mace, and A. T. C. Feistner, (Eds). *Creative Conservation*. Chapman & Hall, New York, P. 32-49.
- DIETZ, L. A., & NAGAGATA, E. 1995. Golden lion tamarin conservation program: a community effort for forest conservation, Rio de Janeiro state, Brazil. In S. K. Jacobson, (Ed). *Conserving Wildlife: International Education/ Communication Approaches*. Columbia University Press, New York, P. 95-124

- DIETZ, J.M., PERES, C.A. & PINDER, L. 1997. Foraging ecology and use of space in wild golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). *Am. J. Primatol.* 41:289-305.
- GREEN, K.M. 1980. An assessment of the Poço das Antas Reserve, Brazil, and prospects for the survival of the golden lion tamarin, *Leontopithecus r. rosalia*. Unpublished report, World Wildlife Fund, Washington, D.C.
- IBAMA. 1990. Directive No's 1.203 (18. Jul.); 1.204 (18. Jul.); and 1.2342 (28. Nov). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília.
- IBAMA. 1992. Directive No. 106 - N (30 Sep.), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília.
- KEUROGHLIAN, A. 1990. Observations on the behavioral ecology of the black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*) at Caetetus Reserve, São Paulo, Brazil. Master's Thesis, West Virginia University, Morgantown, West Virginia.
- KIERULFF, M.C.M., KLEIMAN, D.G. & MORAES DOS SANTOS, E. 1997. O uso de "play-back" para o levantamento de populações de mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*). In S. F. Ferrari and H. Schneider (Eds). *A Primatologia no Brasil -5*. Sociedade Brasileira de Primatologia, Belém, P.160-161.
- KIERULFF, M.C.M., & OLIVEIRA, P. DE P. 1994. Habitat preservation and the translocation of threatened groups of golden lion tamarins, *L. rosalia*. *Neotropical Primates 2* (suppl): 15-18.
- KIERULFF, M.C.M., & OLIVEIRA, P. DE P. 1996. Re-assessing the status and conservation of the golden lion tamarin *Leontopithecus rosalia* in the wild. *Dodo, J. Wildl. Preserv. Trusts* 32:98-115.
- KLEIMAN, D.G. (editor). 1977. *The Biology and Conservation of the Callitrichidae*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- KLEIMAN, D.G., B.B. BECK, J.M. DIETZ, L.A. DIETZ, J.D. BALLOU & A.F. COIMBRA-FILHO. 1986. Conservation program for the golden lion tamarin: captive research and management, ecological studies, educational strategies, and reintroduction. In K. Benirschke (Editor). *Primates: The Road to Self-sustaining Populations*. Springer-Verlag, New York. P. 959 -970.
- KLEIMAN, D.G., B.B. BECK, A.J. BAKER, J.D. BALLOU, L.A. DIETZ, & J.M. DIETZ. 1990. The conservation program for the golden lion tamarin, *Leontopithecus rosalia*. *Endangered Species Update* 8(1): 82-85.
- KLEIMAN, D.G. & J.J.C. MALLINSON. 1999. Recovery and management committees for lion tamarins: Partnerships in conservation planning and implementation. *Conservation Biology* 12:27-38.
- LORINI, M.L., & V.G. PERSSON. 1990. Nova espécie de *Leontopithecus* Lesson, 1840, do Sul do Brasil (Primates, Callitrichidae). *Boletim do Museu Nacional Nova Série Zoológica*. Rio de Janeiro, 338: 1 - 13.
- MALLINSON, J.J.C. 1984. Golden lion tamarin contraband: a major conservation

- problem. IUCN/SSC Primate Specialist Group Newsletter 4: 23 - 25.
- MALLINSON, J.J.C. 1987. International efforts to secure a viable population of the golden-headed lion tamarin. *Primate Conservation* 8: 124 - 125.
- MARTUSCELLI, P. & M. RODRIGUES. 1992. Novas populações do Mico Leão caicara, *Leontopithecus caissara* (Lorini and Persson, 1990) no sudeste do Brasil (Primates- Callitrichidae). *Rev. Inst. Flor.*, Sao Paulo 4: 920-924.
- PÁDUA, S.M. 1994. Conservation awareness through an environmental education programme in the Atlantic forest of Brazil. *Environmental Conservation* 21(2): 145-151.
- PASSOS, F. DE C. 1997a. Seed dispersal by black lion tamarin, *Leontopithecus chrysopygus* (Primates- Callitrichidae) in southeastern Brazil. *Mammalia* 61:109-111.
- PASSOS, F. DE C. 1997b. A foraging association between the olivaceous woodcreeper *Sittasomus griseicapillus* and the black lion tamarin *Leontopithecus chrysopygus* in south-east Brazil. *Ciencia e Cultura* 49: 144-145.
- PERSSON, V.G. & M. L. LORINI. 1993. Notas sobre o mico-leão-de-cara-preta, *Leontopithecus caissara* Lorini and Persson, 1990, no sul do Brasil (Primates, Callitrichidae). In M.E. Yamamoto and M.B.C. de Sousa (editors). *A Primatologia no Brasil- 4*. Sociedade Brasileira de Primatologia, Natal, p. 168-181.
- PINTO, L.P.S. & A.B. RYLANDS. 1997. Geographic distribution of the golden-headed lion tamarin, *Leontopithecus chrysomelas*: implications for its management and conservation. *Folia Primatol.* 68: 161-180.
- PINTO, L.P.S., & L.I. TAVARES. 1994. Inventory and conservation status of wild populations of golden-headed lion tamarins, *Leontopithecus chrysomelas*. *Neotropical Primates* 2 (suppl): 24-27.
- ROTHER, H., H.-J. WOLTERS, & J.P. HEARN (eds). *Biology and Behaviour of Marmosets*. Eigenverlag H. Rothe, G'ttingen.
- RYLANDS, A.B. 1982. *The Behaviour and Ecology of Three Species of Marmosets and Tamarins (Callitrichidae; Primates) in Brazil*. Ph.D. Thesis. University of Cambridge, Cambridge, England.
- RYLANDS, A.B. 1989. Sympatric Brazilian callitrichids: the black-tufted-ear marmoset, *Callithrix kuhli*, and the golden-headed lion tamarin, *Leontopithecus chrysomelas*. *J. Hum. Evol.* 18: 679-695.
- RYLANDS, A.B. 1993. South American primates and the red list of threatened species. *Neotropical Primates* 1 (4):1-2.
- RYLANDS, A.B. 1993-1994. Population viability analyses and the conservation of the lion tamarins, *Leontopithecus*, of South-east Brazil. *Primate Conservation* 14-15: 34-42.
- RYLANDS, A.B., AND E. RODRÍGUEZ LUNA, editors. 1994. Proceedings of the 2nd symposium on *Leontopithecus*. *Neotropical Primates* 2 (suppl): 2-58.
- RYLANDS, A.B., I. B. SANTOS, & R.A. MITTERMEIER. 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.
- SEAL, U.S., J.D. BALLOU & C.V. VALLADARES-PÁDUA (editors). 1990. *Leontopithecus* population viability analysis workshop report. I.U.C.N./ S.S.C./ Captive Breeding Specialist Group, Minneapolis, Minnesota.
- VALLADARES-PÁDUA, C. 1993. The ecology, behavior, and conservation of the black lion tamarin, *Leontopithecus chrysopygus*, Mikan., 1823. Ph.D. Thesis. University of Florida, Gainesville.
- VALLADARES-PÁDUA, C., & L. CULLEN. 1994. Distribution, abundance, and minimum viable population of the black lion tamarin. *Dodo, Journal of the Jersey Wildlife Preservation Trust* 30: 80-88.
- WORMELL, D. 2000. Marco takes the first wild steps for captive black lions. *Tamarin Tales* 4: 4-5.





## FUNÇÃO OVARIANA E ADRENOCORTICAL DE FÊMEAS ADULTAS DO SAGÜI (*CALLITHRIX JACCHUS*) EM RELAÇÃO AO COMPORTAMENTO DE EMIGRAÇÃO

ANA CLÁUDIA S. R. ALBUQUERQUE<sup>1</sup>; MARIA CARLA L. NASCIMENTO<sup>2</sup>; HERBERT M. SANTOS.<sup>3</sup> & MARIA BERNADETE C. SOUSA<sup>1</sup>.

1- Departamento de Fisiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. 2-Bolsista DCR/CNPq. 3- Bolsista PIBIC/CNPq. Correspondência: Maria Bernardete C. de Sousa, Caixa Postal 1511, CEP 59072-970. Natal, RN, Brasil.

E-mail: mdesousa@cb.ufrn.br

### RESUMO

A emigração de fêmeas subordinadas de grupos sociais no ambiente natural, tem sido sugerida como uma estratégia das fêmeas para reproduzir. No entanto, não há ainda relatos na literatura relacionando a emigração com o registro de alterações no funcionamento ovariano e adrenocortical de fêmeas de primatas calitriquídeos. Diante disso, o presente estudo investigou se antecedendo a emigração de fêmeas do sagüi (*Callithrix jacchus*) de seu grupo social ocorriam alterações nos hormônios esteróides sexual e adrenal. Foram utilizadas 5 fêmeas adultas subordinadas (S) e 2 dominantes (D) que viviam em 2 grupos: G4= 4S (GIO, GRA, GIS, GER) e 1D (GRE); PBf= 1S (PAL) e 1D (PAT), na EFLEX/ IBAMA, Nísia Floresta-RN, Brasil. A análise hormonal foi realizada por meio da coleta de fezes duas vezes por semana de todas as fêmeas durante cerca de 1 ano. Durante o estudo, 5 fêmeas emigraram e todas apresentaram níveis de progesterona indicativos de funcionamento gonadal durante a gestação da fêmea reprodutora. Além disso, próximo à saída do grupo, (2 meses para GIO, 3 meses para GRA e 2 meses para GIS), estas pararam de ciclar enquanto as outras 2 fêmeas (GER e PAL) continuaram apresentando atividade ovariana com correlação positiva significativa de progesterona e cortisol entre fêmeas S e D. Apesar dos aumentos de cortisol durante os episódios de funcionamento ovariano das S, antes da emigração nenhum aumento significativo foi registrado tanto para as fêmeas D quanto para as S. Estes resultados sugerem que a atividade ovariana antes da emigração pode estar relacionada com o tipo de relação social entre fêmeas, se dominância clara (fêmeas S não ovulando) ou contestada (fêmeas S ovulando). Em ambos os casos as fêmeas S provavelmente emigram na tentativa de alcançar o sucesso reprodutivo fora do seu grupo natal.

**Palavras chave:** *Callithrix jacchus*, sagüi, fêmeas adultas, esteróides fecais, emigração.

## ABSTRACT

**Ovarian and adrenocortical functioning related to the emigration in common marmoset (*Callithrix jacchus*) adult females.** Emigration of subordinate female from the social group in natural environment, has been suggested as part of their reproductive strategy. However, in the literature no data is available investigating if the emigration context occurs associated with changes in ovarian or adrenocortical functioning in callitrichids primates. Therefore, the aim of this study was to establish if, before common marmosets (*Callithrix jacchus*) females emigrate from their social group in the wild, they presented modification on the profile of sexual, adrenal, or both steroid hormones. We used 5 subordinate (S) and 2 dominant (D) females living in 2 groups (G4 = 4S (GIO, GRA, GIS e GER and 1D (GRE); PBf = 1S (PAL) and 1D (PAT), at field station in Nísia Floresta, RN, Brazil. Hormonal analysis were performed in feces, collected twice a week from all females during one year. During this time 5 females emigrated and all of them showed fecal progesterone levels compatible with ovarian cycling during the gestation of the reproductive females. However, before leaving the group (2 mo. for GIO; 3 mo. for GRA and 2 mo. for GIS) they stopped to cycle whereas the other two S females (GER and PAL) remained showing ovarian cycling activity. Both progesterone and cortisol were significantly positively correlated between D and S females. Although cortisol increases during the episodes of ovarian cycling of S females, in both S and D females no significant increase was recorded before emigration. These results might indicate that ovarian status before emigration is related to the kind of social relationship between females, if clear (no ovulating female) or contested (ovulating females) dominance. In both cases, females emigrated probably to reach reproductive success outside of their natal groups.

**Key words:** *Callithrix jacchus*, common marmosets, adult females, fecal steroids, emigration.

## INTRODUÇÃO

O fenômeno chamado emigração faz parte dos processos demográficos de populações de primatas não humanos que vivem no ambiente natural e pode ser uma resposta a variados fatores sociais e ambientais, entre eles a escassez de alimentos (Dunbar, 1988), evitação da consangüinidade (Wilson, 1975), acesso a melhores condições reprodutivas (Harcourt, 1978), como também a evitação do risco de infanticídio (Marsh, 1979; Digby, 1995).

Dentre os processos demográficos, a emigração, que consiste em indivíduos saindo do seu grupo social natal para um outro grupo, é o mais importante mecanismo regulador do tamanho da população (Dunbar, 1988).

Embora alguns autores tenham afirmado que a emigração ocorre em sua maioria entre machos em um grande número de espécies de primatas (especialmente

entre aqueles do Velho Mundo), entre os primatas pertencentes ao gênero *Callithrix*, a emigração entre fêmeas também tem sido bastante documentada, sugerindo haver falta de uma clara predominância entre os sexos no que se refere à ocorrência desse comportamento (Stevenson & Rylands, 1988).

Para o *Callithrix jacchus*, espécie de primata pertencente à família Callitrichidae, fêmeas subordinadas tendem a emigrar (Monteiro-da-Cruz, 1998), sugerindo que este comportamento pode fazer parte da estratégia geral dessas fêmeas para reproduzir, uma vez que pode estar relacionado ao tipo dominância entre as fêmeas adultas: se a dominância é clara ou contestada. No primeiro caso existiria a inibição da reprodução da fêmea subordinada pela fêmea dominante e baixo agonismo entre elas. No segundo caso, a fêmea subordinada não se submeteria a essa condição, apresentando níveis de agonismo semelhantes aos da dominante e ambas as fêmeas ovulam, conforme descrito por Alencar *et al.*, (1995) para o *Callithrix jacchus*. Nesses casos, as fêmeas reprodutivamente ativas podem deixar o seu grupo voluntariamente ou por expulsão, as quais, no caso da emigração ser voluntária (quando não se consegue caracterizar agonismo direcionado à elas dentro de seu grupo), se isolam dos demais indivíduos do seu grupo natal e exploram o território de grupos circunvizinhos (Araújo, 1996).

Em *Callithrix jacchus*, a condição social de uma fêmea dentro do seu grupo, se dominante ou subordinada, exerce influência na atividade de dois eixos, sendo o primeiro o eixo HHO (Hipotálamo-Hipófise-Ovariano), o qual através de uma seqüência de eventos neuro-endócrinos promove a secreção de substâncias que, atuando nas gônadas femininas, estimulam respostas como a secreção de hormônios sexuais, entre eles a progesterona. A interrupção do funcionamento normal deste eixo ocasiona a supressão da fertilidade das fêmeas subordinadas (Abbott *et al.*, 1998). O segundo eixo é o HHA (Hipotálamo-Hipófise-Adrenocortical), responsável pela secreção de outro hormônio esteróide, o cortisol, que em situações estressantes, apresenta-se em níveis acima dos valores basais tanto nas fêmeas dominantes quanto nas subordinadas. Todavia, níveis mais baixos de cortisol foram encontrados no plasma de fêmeas vivendo socialmente como subordinadas em cativeiro e com supressão da ovulação, do que nas fêmeas dominantes (Saltzman *et al.*, 1998).

Dados preliminares do trabalho de Albuquerque *et al.* (no prelo), encontraram em um grupo de *Callithrix jacchus* no ambiente natural, indicações de ocorrência de atividade ovariana na fêmea subordinada durante a gestação da fêmea dominante, além da existência de uma correlação positiva entre o aumento de progesterona decorrente da ovulação da subordinada e o aumento nos níveis de cortisol de ambas, sugerindo a ocorrência de competição entre as mesmas pelo posto de reprodutora dentro do grupo.

Diante desses resultados e considerando a carência na literatura acerca de dados sobre o quadro hormonal associado à emigração de fêmeas, o presente trabalho

se propôs a investigar se antecedendo a emigração ocorrem alterações na atividade ovariana, adrenocortical, ou em ambas, nas fêmeas que emigram.

## MÉTODOS

### Animais

Foram monitoradas 7 fêmeas adultas do sagüi comum (*Callithrix jacchus*) pertencentes a 2 grupos, o Grupo Quatro (G4) e o grupo Paraíba Fêmeas (PBf), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Dados referentes aos animais do estudo

GRUPO	FÊMEA	POSTO SOCIAL	MÃE	PERÍODO DE MONITORAMENTO	DATA PROVÁVEL DA EMIGRAÇÃO
G4a*	GRE	Dominante	?	06-09-96 a 09-09-97	-
	GIO	Subordinada	?	06-09-96 a 12-11-96	12-11-96
	GRA	Subordinada	GRE	23-11-96 a 09-09-97	09-09-97
G4b**	GRE	Dominante	?	20-04-98 a 04-06-99	-
	GIS	Subordinada	GRE	12-12-98 a 15-02-99	15-02-99
	GER	Subordinada	GRE	20-04-98 a 08-05-99	08-05-99
PBf	PAT	Dominante	?	31-12-97 a 06-10-98	-
	PAL	Subordinada	?	31-12-97 a 01-08-98	01-08-98

\*Primeira fase de observação do G4; \*\* Segunda fase de observação do G4; ? = Mãe desconhecida

No início do estudo cada uma dessas fêmeas foi capturada e identificada com colares de contas coloridas e pintadas em algumas partes do corpo, tais como região dorsal, tufos auriculares ou cauda, para permitir a sua identificação.

### Área de estudo

O estudo foi realizado na Estação Florestal e de Experimentação - EFLEX IBAMA, que possui 170 ha e fica localizada no município de Nísia Floresta a 45 Km de Natal, RN.

Durante o período do estudo o Grupo Quatro (G4) habitou uma área de plantação experimental, composta por árvores exóticas como o sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) e o mogno (*Swietenia macrophylla*), árvores frutíferas, entre elas o tamarindo (*Tamarindus indica*), a pitanga (*Eugenia uniflora*), a azeitona roxa (*Syzygium janbolanum*), o caju (*Anacardium occidentale*) e a copiúba

(*Tapirira guianensis*), freqüentando ainda uma pequena porção da periferia de mata atlântica dentro da estação.

O grupo Paraíba Fêmeas (PBf) ocupou uma área localizada em um terreno fora e bem próximo ao limite litorâneo da EFLEX, que contém árvores frutíferas: cajueiro (*Anacardium occidentale*), jaqueira (*Artocarpus integrifolia*) e coqueiro (*Cocos nucifera*).

### Dados Hormonais

Duas vezes por semana coletou-se amostras de fezes de cada uma das fêmeas do estudo (GRE- fase 1= 12 meses, GIO= 02 meses, GRA= 09 meses; GRE- fase 2= 13 meses, GIS= 02 meses, GER= 12 meses; PAT= 10 meses, PAL= 09 meses) num total de 453 amostras. A dosagem de progesterona e do cortisol em fezes foi realizada para o monitoramento do funcionamento ovariano e adrenal, respectivamente.

As fezes foram coletadas invariavelmente entre 5:00 e 7:00 horas da manhã. Cada amostra foi acondicionada em frasco de plástico etiquetado indicando o nome do animal, a data e a hora em que foi conseguida e de imediato foram colocadas em gelo e em seguida levadas ao freezer. Uma vez congeladas a  $-20^{\circ}$  C, foram então levadas ao Laboratório de Medidas Hormonais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) onde pesou-se 0.1g de cada amostra fecal para dar início ao procedimento de extração dos esteróides por meio de hidrólise e solvólise, conforme descrito em Ziegler *et al.* (1996). Para ambos os hormônios foram executados ensaios utilizando-se o método Elisa a partir de um protocolo desenvolvido por Munro & Stabenfeldt (1984), modificado conforme descrito em Sousa & Ziegler (1998). Os coeficientes de variação intra e inter-ensaios foram, respectivamente, 11,07% e 14,80% para o cortisol e 9,06 % e 10,96% para a progesterona.

### Análise Estatística

Os dados hormonais foram divididos em blocos de dias que corresponderam aos períodos registrados das gestações das fêmeas reprodutoras de cada grupo estudado, como é mostrado na Tabela 2.

Para investigar a ocorrência de correlação entre os perfis hormonais das fêmeas em cada grupo estudado, utilizou-se o teste de Correlação de Pearson com nível de significância estabelecido para  $p$  igual ou menor que 0,05. As comparações entre os níveis de progesterona e entre os níveis de cortisol da fêmea dominante com os das fêmeas subordinadas de cada grupo foram realizadas durante o período correspondente a cada gestação da fêmea dominante como também durante o período

correspondente à gestação da fêmea subordinada, como ocorreu para a fêmea GER do grupo G4 na fase 2 e para a fêmea PAL do grupo PBf.

Tabela 2. Períodos registrados das gestações das fêmeas reprodutoras

G4 (fase 1)	G4 (fase 2)	PBf
1 <sup>a</sup> gest GRE ( 26/09/96 a 16/02/97 )	(*) 4 <sup>a</sup> gest GRE ( 20/04/98 a 17/06/98 )	(*) 1 <sup>a</sup> gest PAT ( 31/12/97 a 05/05/98 )
2 <sup>a</sup> gest GRE ( 01/03/97 a 19/07/97 )	5 <sup>a</sup> gest GRE ( 15/08/98 a 06/01/99 )	(*) 1 <sup>a</sup> gest PAL ( 31/12/97 a 28/03/98 )
3 <sup>a</sup> gest GRE ( 10/08/97 a 09/09/97 )	6 <sup>a</sup> gest GRE ( 20/01/99 a 04/06/99 )	
	1 <sup>a</sup> gest GER ( 11/09/98 a 03/02/99 )	

(\*) Estas datas não correspondem aos períodos totais de duração das gestações, uma vez que as fêmeas já estavam com as gestações em curso quando a coleta foi iniciada.

## RESULTADOS

Na Figura 1 estão representados os valores de progesterona e cortisol para três fêmeas (1 dominante - GRE e 2 subordinadas - GIO e GRA) durante o primeiro período de estudo do G4 (de 06/09/96 a 09/09/97). Em 1A são observados os níveis hormonais da fêmea dominante GRE. Em 1B é possível observar que a fêmea subordinada GIO apresenta um pico de progesterona, indicando tentativa de escape à inibição reprodutiva. Todavia esta fêmea desapareceu do grupo, de modo que não foi possível coletar maior número de dados. Em relação à GRA (Figura 1C), como esta foi acompanhada por um tempo maior, pode-se observar que, tanto no final da primeira gestação de GRE, no intervalo de 26/12/96 a 19/02/97, como durante a segunda gestação desta fêmea dominante, no período de 01/04/96 a 31/05/97, ocorre um aumento de progesterona acima de 100 ng/g de fezes, por aproximadamente 19 dias, o que corresponde à duração da fase luteal de um ciclo ovariano normal nesta espécie. Portanto, a fêmea GRA, deve ter ovulado em duas situações, ambas quando a fêmea dominante estava grávida. Nesses mesmos períodos, quando comparou-se os níveis hormonais de GRA com os da fêmea reprodutora (GRE), encontrou-se correlação positiva entre a progesterona de ambas durante os dois episódios de ovulação de GRA (Pearson,  $r=0,52$ ;  $p=0,015$  e  $r=0,52$ ;  $p=0,001$  respectivamente).

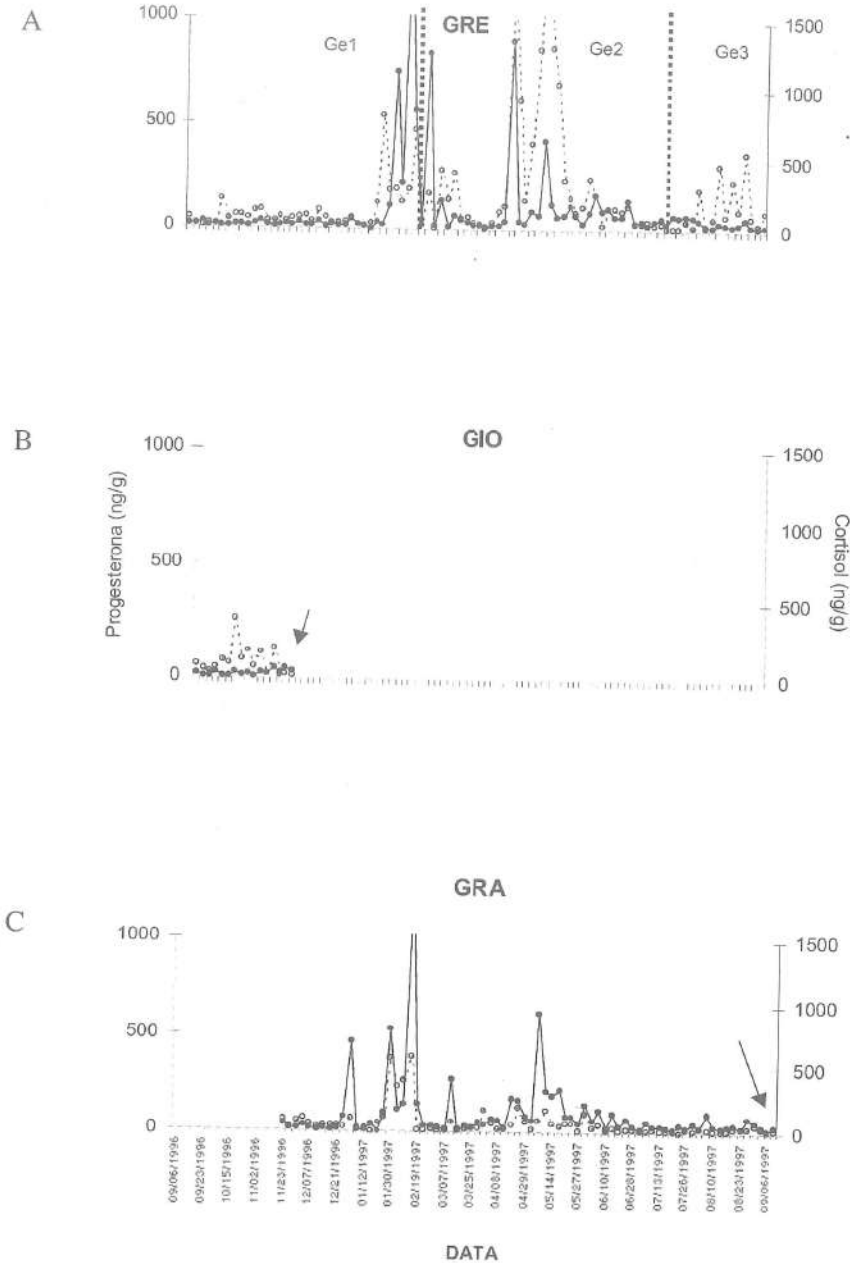


Figura 1 - Níveis de progesterona (—○—) e cortisol (—●—), nas fêmeas: A- dominante GRE e subordinadas: B- GIO e C- GRA, durante a primeira fase (fase 1) do estudo do grupo G4. = Data do parto; → = Data da emigração; Ge1, Ge2 e Ge3 - gestações de GRE.

Embora as fêmeas subordinadas deste grupo tenham apresentado escape à supressão da fertilidade, observou-se entretanto que, antes da saída do grupo, cerca de dois meses para GIO e três meses para GRA, ambas as fêmeas apresentaram níveis basais de progesterona abaixo de 100 ng/g de fezes, indicando inibição ovariana.

Em relação aos níveis de cortisol de GRE e GRA é possível observar ainda na Figura 1 que, de uma maneira geral, os valores hormonais da fêmea subordinada GRA acompanharam os valores da fêmea dominante (GRE). Embora os maiores níveis do cortisol tenham ocorrido simultaneamente para as duas fêmeas GRE e GRA durante as duas ovulações de GRA, uma correlação positiva estatisticamente significativa ocorreu apenas durante o período de 26/09/96 a 16/02/97, correspondente à primeira gestação de GRE ( $r=0,44$ ;  $p=0,046$ ). Os picos deste hormônio em GRA apresentaram um gradual decréscimo a partir daí, ficando em níveis abaixo dos valores basais até a sua emigração.

A Figura 2 mostra os perfis hormonais referentes ao segundo período de estudo do G4, na qual verifica-se que durante a 4ª gravidez da fêmea dominante-GRE (20/04/98 a 17/06/98), a fêmea subordinada GER, que passou a ser acompanhada, estava inibida. Todavia, logo após o início da 5ª gestação de GRE (15/08/98 a 06/01/99), GER ovulou e ficou grávida durante o período de 11/09/98 a 03/02/99. Portanto, a fêmea GER conseguiu procriar, mas sua prole foi vítima de infanticídio por parte de GRE. Conforme mostra a Figura 2B, GER continuou apresentando níveis de progesterona condizentes com ovulação após o infanticídio de sua prole, mantendo um padrão de escape da inibição até dias antes de sua emigração.

Quanto à fêmea subordinada GIS (2C) nota-se a ocorrência de tentativas de escape à inibição ovariana, uma vez que esta apresenta picos de progesterona durante um período superior a 17 dias (12/12/98 a 06/01/99), dentro portanto da duração média correspondente a fase luteal (15 a 18 dias, Kholkute, 1984) do ciclo ovariano nesses animais.

A análise do cortisol durante esta segunda fase de estudo do G4, não mostrou correlações significantes estatisticamente entre as fêmeas. Todavia, conforme mostra a Figura 2, os níveis de cortisol de GRE se elevaram antecedendo os partos da 5ª e da 6ª gestação. Nota-se também na Figura 2B que os níveis de cortisol de GER apresentam-se baixos quando a mesma estava inibida e elevaram-se em três oportunidades durante a metade de sua gestação bem como próximo ao parto. É importante ressaltar que no primeiro momento de elevação do cortisol de GER, a fêmea GRE também apresentou um aumento deste hormônio (entre 04/11/98 e 16/04/99), embora estes aumentos simultâneos não tenham apresentado correlação significativa estatisticamente ( $r = 0,79$  e  $p = 0,415$ ) (Figura 2A e 2B).

Durante o curto período de monitoramento de GIS, não foram registradas alterações nos seus níveis de cortisol.



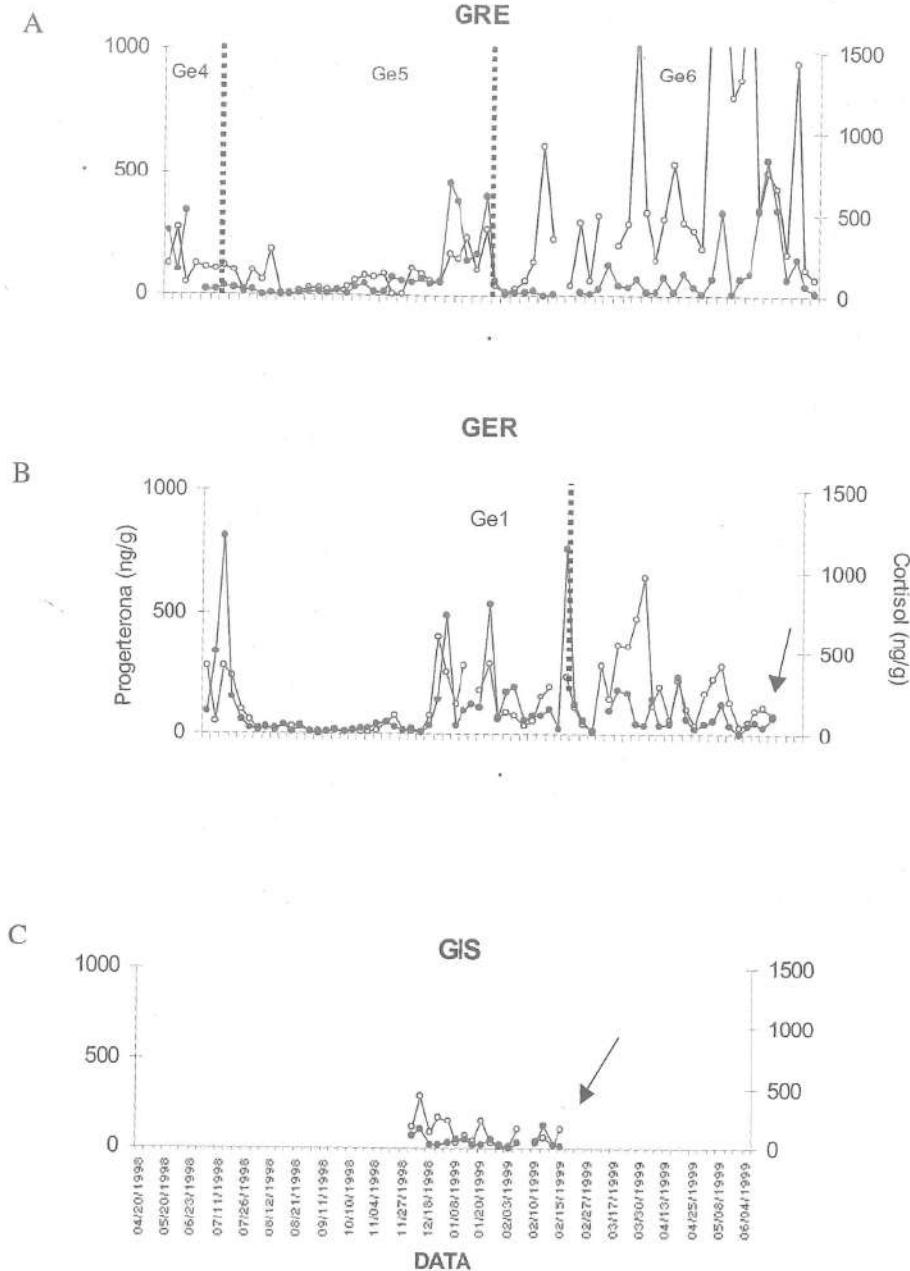


Figura 2 - Níveis de progesterona (—○—) e cortisol (—●—) nas fêmeas: A-dominante GRE e subordinadas: B- GER e C- GIS, durante a segunda fase (fase 2) de estudo do grupo G4. Ge4, Ge5 e Ge6 (gestações de GRE); Ge1 (gestação de GER). = Data do parto; → = Data da emigração.

Na Figura 3, a qual ilustra os valores hormonais para as fêmeas do grupo Paraíba fêmeas (PBF), PAT (fêmea dominante) e PAL (fêmea subordinada), é possível verificar níveis de progesterona compatíveis com a ocorrência de ciclicidade ovariana de PAL durante a gravidez de PAT (31/12/97 a 05/05/98). Neste grupo registrou-se o nascimento de uma prole de gêmeos da fêmea subordinada, bem como uma da fêmea dominante. A fêmea subordinada pariu cerca de um mês antes do parto da dominante e seus filhotes sofreram infanticídio por parte da fêmea dominante, 15 dias após o nascimento. Os níveis de cortisol da fêmea PAT (Figura 3A) atingiram seus maiores aumentos durante o período imediatamente anterior ao seu parto e um outro pico próximo à emigração da fêmea PAL do grupo. O cortisol de PAL, apresentou valores muito elevados no período em torno do infanticídio de sua prole, entre 20 e 28 de abril/98.

É interessante observar que após a morte de seus filhotes, os níveis de progesterona da fêmea PAL apresentaram-se elevados e cíclicos até a sua emigração (12/02/99 a 16/04/99). Este perfil é semelhante ao registrado para fêmea subordinada GER do G4.

Ainda na Figura 3, a ausência do traçado hormonal após o dia 06/10/98 representa a morte da fêmea dominante PAT (Figura 3A), que provavelmente morreu por envenenamento por agrotóxicos utilizados na área e havia perdido seus filhotes poucos dias antes, provavelmente da mesma causa. Nesta mesma data, na qual PAT não conseguiu subir com o grupo até a árvore de dormida, PAL que havia emigrado há aproximadamente 3 meses e encontrava-se na vizinhança, voltou ao grupo, passando a ser a única fêmea adulta. O monitoramento hormonal desta fêmea foi reiniciado e, conforme mostrado na Figura 3B, esta voltou a apresentar níveis hormonais característicos de gravidez, com valores acima de 100 ng/g de fezes, que se mantiveram por um período em torno de 65 dias (11/10/98 a 16/12/98), até o final do estudo. Os níveis de cortisol durante esta fase apresentaram-se também elevados, de modo semelhante à elevação da progesterona.

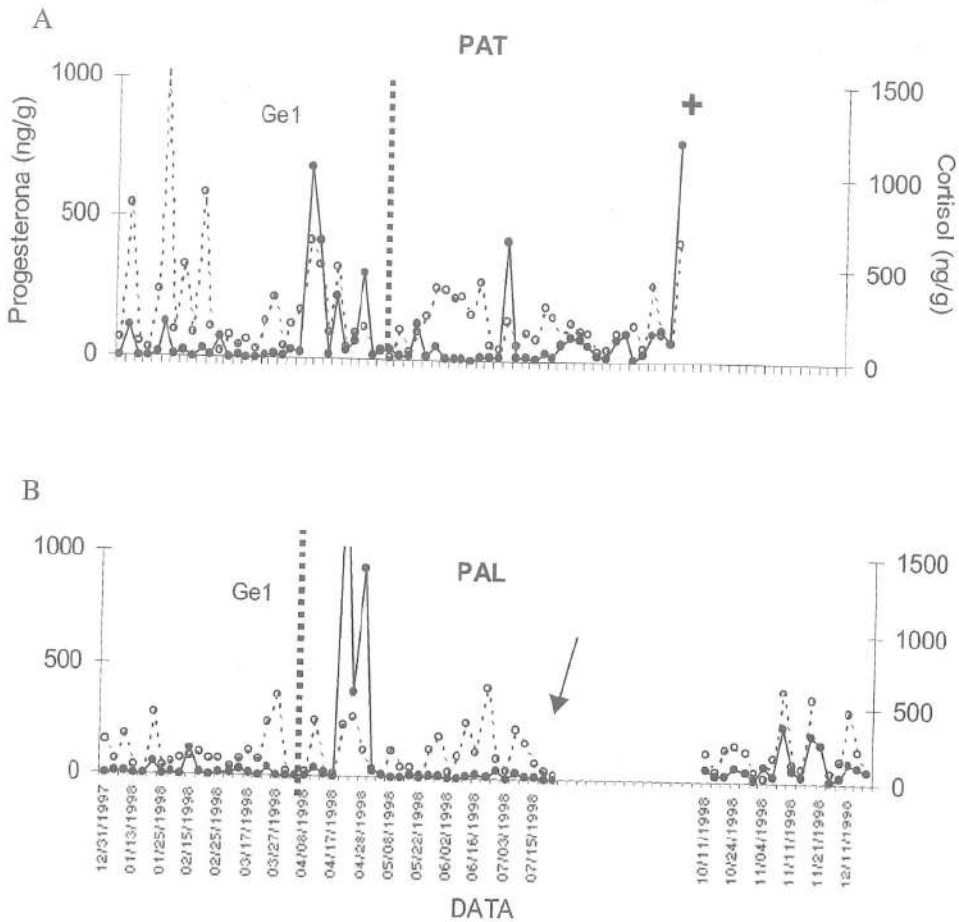


Figura 3 - Níveis de progesterona (—○—) e cortisol (—●—), nas fêmeas: A-dominante PAT e subordinada: B- PAL, no período de 12 meses, durante parte da gestação de PAT e PAL, incluindo o episódio de emigração e o retorno ao grupo da fêmea PAL ao grupo. Ge1 gestação de PAT (A) e de PAL (B). ..... = Data do parto; → = Data da emigração; + = morte.

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo indicam a existência de mudanças na fisiologia reprodutiva de fêmeas adultas de *Callithrix jacchus* vivendo no mesmo grupo social no ambiente natural, na tentativa de alcançar ou manter o posto de reprodutora.

Conforme mostrado na sessão de resultados, durante a primeira fase de estudo do grupo G4, a significância estatística na correlação entre a progesterona das fêmeas GRA e GRE durante as gestações desta última, como também as elevações nos níveis de cortisol das mesmas nos momentos em que a progesterona também mantinha-se elevada, sugerem a ocorrência de uma situação de conflito, como a disputa pelo posto social e, provavelmente, o estabelecimento das relações de dominância entre estas duas fêmeas.

A inibição crescente da função ovariana da fêmea subordinada GRA, à medida que a fêmea dominante apresentava gestações sucessivas, sugere que as tentativas de escape da inibição reprodutiva por parte da fêmea subordinada não obtiveram sucesso e deixaram de ocorrer, à medida que as relações de dominância entre as mesmas se estabeleceram. Isto foi sugerido para fêmeas vivendo em cativeiro por Saltzman *et al.* (1997a) e, neste estudo, pode ter contribuído para a ocorrência da emigração desta fêmea subordinada do grupo G4. Verificou-se também que os baixos níveis de estresse, estimados pelo cortisol, que acompanham a inibição crescente da função ovariana das fêmeas GIO e GRA podem ser indicativos de que estas estão se submetendo à dominação e retardando a sua reprodução em relação à fêmea GRE). Esta última por sua vez tenta manter o posto de única fêmea reprodutiva do grupo, caracterizando uma dominância do tipo clara. Esses fatos mostram pela primeira vez na literatura o quadro hormonal precedendo a saída de fêmeas subordinadas do seu grupo social de origem. A emigração portanto, deve se constituir numa estratégia utilizada para as fêmeas subordinadas alcançarem o sucesso reprodutivo.

A segunda fase de estudo do grupo G4 apresenta uma característica diferente da primeira fase, evidenciada pela reprodução de uma das fêmeas subordinadas, a fêmea GER, a qual teve a sua prole morta pela fêmea dominante (GRE). O perfil hormonal dessas duas fêmeas durante esta fase, sugere a ocorrência de situações de conflito para as mesmas e que, diferentemente do que aconteceu na fase anterior, (1ª fase de estudo do G4) os níveis hormonais da fêmea subordinada não baixaram com o decorrer do tempo de estudo. Esta indicação aponta para o fato de que as relações de dominância entre elas não estão estabelecidas, ou seja, que a dominância pode ser considerada como do tipo contestada. Assim, a fêmea subordinada não se submete à dominação, podendo chegar a reproduzir, como ocorreu neste caso.

Os dados acima descritos apontam na mesma direção dos resultados obtidos em estudos de cativeiro (Alencar, 1995; Alencar *et al.*, 1995) que propôs que as relações sociais entre fêmeas de *Callithrix jacchus* se baseiam em dois tipos de dominância: a clara e a contestada, demonstrando que em caso de dominância clara ocorre a inibição da ovulação da fêmea subordinada, enquanto naqueles de dominância contestada as duas fêmeas, a dominante e a subordinada, podem ovular simultaneamente ou a inibição reprodutiva da subordinada pode ocorrer mais

tardiamente. Os dados do presente trabalho também estão de acordo com os achados de Saltzman *et al.* (1997b) que encontraram um percentual de 46,3% de filhas ovulando em grupos familiares em cativeiro, confirmando assim, que a supressão da ovulação em fêmeas subordinadas não ocorre em 100% dos casos.

Casos de infanticídio e ocorrência de grupos poligínicos de sagui comum já foram relatados na literatura tanto para estudos realizados em ambiente natural (Digby, 1995; Digby & Barreto, 1993; Digby & Ferrari, 1994) quanto em cativeiro (infanticídio: Sousa *et al.*, 1999; poliginia: Alonso, 1986). No presente estudo, é interessante observar que após o infanticídio ocorrido no grupo G4, os valores de progesterona da fêmea GER continuam elevados, indicando atividade ovariana, com grande probabilidade de se tratar de uma nova gravidez. Estes achados sugerem que a saída desta fêmea do seu grupo natal tenha ocorrido como uma alternativa utilizada para obter sucesso reprodutivo uma vez que, pela ação da fêmea GRE, os seus filhotes não sobreviveram. Esta ocorrência provavelmente se deu por haver pouco tempo (cerca de 1 mês) entre o nascimento da prole de GER e a de GRE, significando portanto que neste período os filhotes de GER ainda estavam na fase de dependência, a qual normalmente persiste até por volta da oitava semana de vida (Yamamoto *et al.*, 1995). Este fato viria a ocasionar competição por ajudantes no cuidado com os filhotes de GRE (Digby, 1995). Uma vez que estes animais apresentam um sistema de reprodução cooperativo, no qual ocorre um envolvimento extensivo no cuidado à prole pelo pai e irmãos mais velhos, os ajudantes são, então, um recurso fundamental para a sobrevivência dos filhotes (Kleiman, 1977; Snowdon, 1996; Tardif, 1997).

Já em relação à fêmea subordinada GIS, os seus níveis de progesterona mostram picos isolados que não correspondem a duração da fase luteal de um ciclo ovariano. Provavelmente, neste caso também a sua emigração tenha ocorrido na tentativa de escapar da inibição reprodutiva provocada pela fêmea dominante GRE. As estratégias da fêmea dominante em *Callithrix jacchus* vão desde a inibição direta do ciclo ovariano da subordinada, ou pode ocorrer de forma mais tardia através de infanticídios repetidos contra as proles da mesma (Digby, 1995).

Em relação ao grupo PBF, vale a pena ressaltar que as estratégias de inibição reprodutiva da fêmea dominante (PAT) para com a fêmea subordinada (PAL) aconteceram sob a forma de infanticídio. Neste grupo, foi documentado um primeiro infanticídio quando este estudo ainda não havia sido iniciado e, portanto, não se dispõe de dados hormonais das fêmeas naquele momento. Todavia, como o segundo infanticídio ocorreu durante o presente estudo, pode-se verificar que os níveis de cortisol de ambas as fêmeas se elevaram simultaneamente durante este momento, indicando uma fase de estresse social entre elas. É interessante observar que a estratégia do infanticídio utilizada pela fêmea PAT pode ter despertado um comportamento aprendido pela fêmea PAL, a qual já vivenciara 2 perdas de sua

prole, e que emigrou quando provavelmente estava iniciando uma nova gravidez. anterior à comprovação do episódio de infanticídio, foram observadas grandes agressões dirigidas à fêmea subordinada PAL por parte da fêmea dominante PAT e pode-se observar o pico de cortisol da fêmea PAT nesta fase (3A). Neste dia, PAL não dormiu junto ao grupo. Desde então, PAL ficou sendo vista periférica ao grupo, na área de mata. Outras elevações nos níveis de cortisol da fêmea PAL foram verificadas após o seu retorno ao grupo, provavelmente relacionadas a este momento de readaptação à estrutura social de seu grupo natal.

Vê-se portanto, que as fêmeas subordinadas de sagüi comum que reproduzem no seu grupo natal tendem a apresentar, imediatamente antes da sua emigração, níveis de progesterona indicativos de escape da inibição ovariana, o mesmo não ocorrendo com as fêmeas que não reproduzem. Estes dados sugerem que os dois tipos de relação de dominância entre as fêmeas dominante e subordinada de sagüi comum - se clara (fêmea subordinada sem ovulação) ou contestada (fêmea subordinada ovulando) - podem preceder a ocorrência da emigração no ambiente natural.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IBAMA, e a Michelle Sousa Cunha e Patrícia G. Léo pela assistência técnica no Laboratório de Medidas Hormonais do Departamento de Fisiologia da UFRN. Agradecemos também à CAPES e CNPq (Proc. No. 301309/84; 521186/97 e PIBIC).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, D.H.; SALTZMAN, W.; SCHULTZ-DARKEN, N.J. & TANNENBAUM, P.L. 1998. Adaptations to subordinate status in female marmoset monkeys. *Comp. Biochem. Physiol.*, C119: 261-274.
- ALENCAR, A.I., YAMAMOTO, M.E., OLIVEIRA, M.S., LOPES, F.A., SOUSA, M.B.C. & SILVA, N.G. 1995. Behavior and progesterone levels in *Callithrix jacchus* females. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, p. 591-595.
- ALENCAR, A.I. 1995. Relações de dominância e fertilidade de fêmeas cativas de *Callithrix jacchus*. Dissertação de Mestrado. Natal, UFRN.
- ALONSO, C. 1986. Fracasso na inibição da reprodução de uma fêmea subordinada e troca de hierarquia em grupo familiar de *Callithrix jacchus jacchus*. In M.T. Mello (Ed.). *A Primatologia no Brasil - 2*. Sociedade Brasileira de Primatologia, Brasília, p.203.
- ARAÚJO, A. 1996. Influence des facteurs écologiques, comportementaux et démographiques sur la dispersion de *Callithrix jacchus*. Tese de Doutorado. Paris: Université Paris-Nord (Paris XIII). 234 p.
- DIGBY, L.J. 1995. Infant care, infanticide and female reproductive strategies in polygynous groups of common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 37:51-61.

- DIGBY, L.J. & BARRETO, C.E. 1993. Social organization in a wild population of *Callithrix jacchus*. *Folia Primatol.*, 61: 123-134.
- DIGBY, L.J. & FERRARI, S.F. 1994. Multiple breeding females in free-ranging groups of *Callithrix jacchus*. *Int. J. Primatol.*, 15: 389-397.
- DUNBAR, R.I.M. 1988. *Primate Social Systems*. Londres, Croom Helm.
- HARCOURT, A.H. 1978. Strategies of emigration and transfer by primates: with particular reference to gorillas. *Z. Tierpsychol.*, 48: 401 - 420.
- KENDRICK, K.M. & DIXSON, A.F. 1983. The effect of the ovarian cycle on the behavior of common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Physiol. Behav.*, 30: 735-742.
- KHOLKUTE, S.D. 1984. Plasma progesterone levels throughout of the ovarian cycle of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Primates*, 25: 123-126.
- MARSH, C.W. 1979. Comparative aspects of social organisation in the Tara River red colobus, *Colobus badius rufomitratu*s. *Z. Tierpsychol.* 51: 337 - 362.
- MONTEIRO-DA-CRUZ, M.A.O. 1998. Dinâmica reprodutiva de uma população de sagüis-do-Nordeste (*Callithrix jacchus*) na Estação Biológica de Tapacurá, PE. Tese de Doutorado apresentada à Universidade de São Paulo.
- MUNRO, C. & STABENFELDT, G. 1984. Development of a microtitre plate enzyme immunoassay for the determination of progesterone. *J. Endocrinol.*, 101: 41-49.
- SALTZMAN, W.; SEVERIN, J.M.; SCHULTZ-DARKEN, N.J. & ABBOTT, D.H. 1997a. Behavioral and social correlates of escape from suppression of ovulation in female common marmosets housed with the natal family. *Am. J. Primatol.*, 41: 1-21.
- SALTZMAN, W.; SCHULTZ-DARKEN, N.J. & ABBOTT, D.H. 1997b. Familiar influences on ovulatory function in common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Am. J. Primatol.*, 41: 159-177.
- SALTZMAN, W.; SCHULTZ-DARKEN, N.J.; WEGNER, F. H.; WITTEW, D.J. & ABBOTT, D.H. 1998. Suppression of cortisol levels in subordinate female marmosets: reproductive and social contributions. *Horm. Behav.*, 33: 58-74.
- SNOWDON, C. T. (1996). Infant Care in Cooperatively Breeding Species. In: Rosenblatt, J.A. e Snowdon, C.T. (eds.). *Parental Care: Evolution, Mechanisms and Adaptive Significance*. San Diego: Academic Press. p. 643-689.
- SOUSA, M.B.C. & ZIEGLER, T.E. 1998. Diurnal variation on the excretion patterns of fecal steroids in common marmoset (*Callithrix jacchus*) females. *Am. J. Primatol.*, 46: 105-117.
- SOUSA, M.B.C., SILVA, H.P.A. & VIDAL J.F. Litter size does not interfere with fertility in common marmoset, *Callithrix jacchus*. *Folia Primatol.*, 70: 41-46, 1999.
- STEVENSON, M.F. & RYLANDS, A.B. 1988. The marmosets, genus *Callithrix*. In: R.A. Mittermeier, A.B. Rylands, A. Coimbra-Filho e G.A.B. Fonseca (eds.) *Ecology and behavior of neotropical primates*, vol 2. Contagem, Litera Maciel. 131-222.
- TARDIF, S.D. 1997. The bioenergetics of parental behavior and the evolution of alloparental care in marmosets and tamarins. In N.G. Solomon & J.A. French (Eds.). *Cooperative Breeding in Mammals*. Cambridge University Press. Cambridge, p. 11-33.
- WILSON, E.O. 1975. *Sociobiology: The new synthesis*. Belknap Press, Cambridge (Mass.)

- YAMAMOTO, M.E.; BOX, H.O.; ALBUQUERQUE, F.S. & MIRANDA, M.F.A. 1995. Comportamento de carregar em saguis (*Callithrix jacchus*) cativos e selvagens: comparação entre duas colônias e uma área de campo. *Anais de Etologia*, 13: 192-200.
- ZIEGLER, T.E.; SCHEFFLER, G.; WITTWER, D.J.; SCHULTZ- DARKEN, N.J.; SNOWDON, C.T. & Abbott, D.H. 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: 91-99.



**PARASITISMO POR ÁCARO (TROMBICULIDAE, EWING, 1944) EM  
CALLITHRIX JACCHUS (LINNAEUS, 1758), CALLITRICHIDAE - PRIMATES**

MÔNICA M. VALENÇA-MONTENEGRO<sup>1</sup>; JAQUELINE B. DE  
OLIVEIRA<sup>2</sup>; MARIA ADÉLIA O. MONTEIRO DA CRUZ<sup>3</sup>; LEONILDO B.  
GALIZA DA SILVA<sup>4</sup>; MAGNÓLIA DA CONCEIÇÃO N. BOTELHO<sup>2</sup>

Centro de Proteção de Primatas Brasileiros - IBAMA. Praça Antenor Navarro,  
5, Varadouro, João Pessoa - PB, Cep: 58010-480.

monica.montenegro@ibama.gov.br. 1 - Centro de Proteção de Primatas Brasileiros -  
IBAMA. 2- Departamento de Biologia – UFRPE. 3- Departamento de Morfologia e  
Fisiologia Animal – UFRPE. 4- Departamento de Medicina Veterinária – UFRPE.

**RESUMO**

Apesar de várias espécies de ácaros serem encontradas parasitando os callitriquídeos, esses não parecem representar grande problema para sua saúde, provavelmente devido ao hábito de catação. Entretanto, na Estação Ecológica do Tapacurá (PE), onde se estudam grupos de *Callithrix jacchus* de vida livre, percebeu-se que a maioria dos indivíduos apresentava ectoparasitas na pele e pêlos. Após realização de raspados de pele, o material coletado foi analisado no Laboratório de Parasitologia da UFRPE. Trata-se de larvas de ácaro pertencente à família Trombiculidae, sendo este o primeiro relato para o Estado de Pernambuco de sua presença em *Callithrix jacchus*.

**Palavras-chave:** *Callithrix jacchus*, ácaro, Trombiculidae, Callitrichidae.

**ABSTRACT**

**Mite parasitism (Trombiculidae, Ewing, 1944) on *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758), Callitrichidae – Primates.** Several species of mites parasitize callitrichidae, but these ectoparasites do not seem to be of particular significance to their health, which may in part result from grooming. In Estação Ecológica do Tapacurá (Pernambuco – Brazil), where *Callithrix jacchus* wild groups are studied, we observed that most of them had ectoparasites on their skin and fur. After performing skin scrapings, we analysed the samples in Laboratório de Parasitologia at UFRPE and we found a mite of the Trombiculidae family. It is the first record of this mite in wild *Callithrix jacchus* in the State of Pernambuco.

**Key-words:** *Callithrix jacchus*, mites, Trombiculidae, Callitrichidae.

## INTRODUÇÃO

A presença de carrapatos, ácaros e piolhos em calitriquídeos é observada com relativa freqüência, principalmente em animais no cativeiro (Wolff, 1993). Entretanto, esses parasitas não parecem representar grande problema para a saúde dos primatas quando em grupos sociais, uma vez que o comportamento de catação serve para retirada de ectoparasitas e de fragmentos de pele morta, propiciando uma certa higienização (Deutsh & Puglia, 1988; Wilson *et al.*, 1989; Auricchio, 1995).

*Callithrix jacchus* é um pequeno primata endêmico da Região Nordeste que costuma viver em pequenos grupos formando famílias nucleares (onde todos os indivíduos são parentes) ou expandidas (Coimbra-Filho, 1984 ; Auricchio, 1995). Além do cuidado com a prole, esses animais dividem outras tarefas familiares como a defesa territorial, forrageio, alimentação e se envolvem em atividades de catação (Mittermeier *et al.*, 1988; Auricchio, 1995).

Entre 1996 e 1999 foi realizado na Estação Ecológica do Tapacurá - PE, o acompanhamento clínico de sagüis de vida livre da espécie *Callithrix jacchus*. O trabalho foi realizado através de observações de campo e de um programa de capturas sistemáticas dos indivíduos para realização de exame clínico e posterior soltura. Este estudo objetivou examinar a pele e os pêlos de cada indivíduo para identificar a presença de ectoparasitas. Tentou-se assim, fazer o levantamento de patologias que acometem essa espécie em vida livre, uma vez que para os animais no cativeiro existe literatura relativamente abundante.

## MÉTODOS

Os animais da população estudada foram capturados em armadilhas metálicas (Tomahawk) e encaminhados para processamento, após contenção química com Cloridrato de Quetamina (50mg/ml) por via intra-muscular, utilizando-se 15 mg/Kg (Martin, 1986; Garcia-Navarro & Pachaly, 1994; Diniz, 1997). Após a biometria, os sagüis foram minuciosamente examinados quanto ao seu estado clínico geral e à presença de lesões, etc. Desde o início do estudo foram realizadas 13 capturas, onde foram processados 78 indivíduos. Como a maioria dos animais apresentava lesões cutâneas, foram realizados raspados de pele com lâmina de bisturi, tendo sido o material coletado acondicionado entre lâminas de vidro (Kelly, 1986). As amostras foram levadas ao Laboratório de Parasitologia do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Após clarificação com Lactofenol, os ácaros foram montados com Bálsamo do Canadá de acordo com a metodologia de Flechtmann (1975), analisados e identificados por meio de chaves dicotômicas apropriadas.

## RESULTADOS

Dos 78 sagüis capturados, 55, ou seja, 70,5% dos indivíduos apresentaram-se parasitados, com lesões caracterizadas pela presença de crostas de coloração alaranjada, principalmente nas regiões da virilha, ventre, coxas, genitália e braços. Os ectoparasitas presentes nos raspados de pele foram identificados como larvas de ácaros pertencentes à família Trombiculidae (Ewing 1944) (Figura 1), os quais podem parasitar anfíbios, répteis, aves e mamíferos. As ninfas e adultos são de vida livre, sendo encontrados em matéria orgânica.

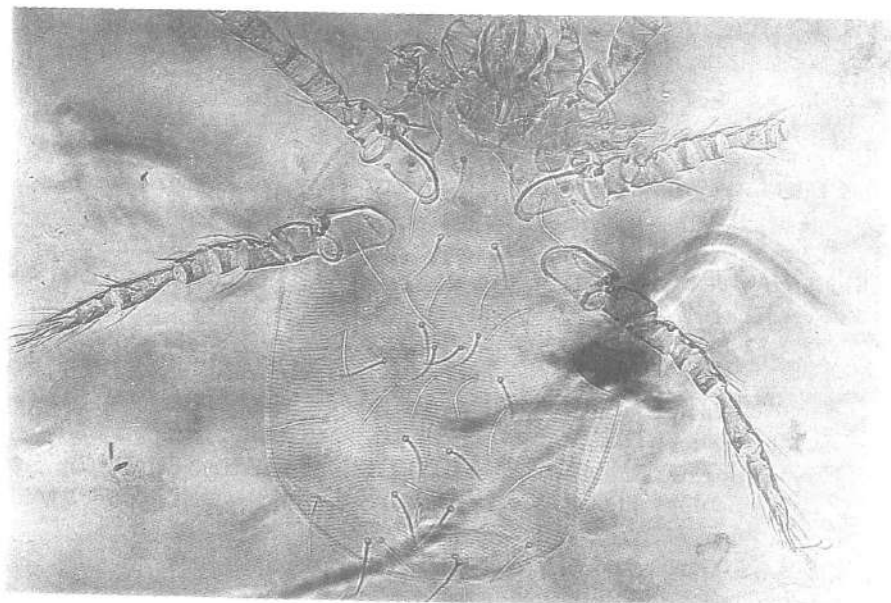


Figura 1 – Larva de ácaro da família Trombiculidae encontrada em *Callithrix jacchus* de vida livre.

## DISCUSSÃO

Existem várias citações sobre o parasitismo por certas espécies de ácaros em *Callithrix jacchus*, como por exemplo *Litrocarpus hapalei* e *Mortelmansia duboisi* (Potkay, 1992), mas nenhuma pertencente à família Trombiculidae. Por outro lado, algumas espécies de trombiculídeos tais como, *Euschoengastia* sp., *Eutrombicula alfreddugesi* e *Speleocola tamarina*, já foram observadas parasitando alguns calitriquídeos como o *Leontopithecus rosalia* e o *Saguinus oedipus geoffroyi* (Wilson et al., 1989; Potkay, 1992; Ott-Joslin, 1993; Wolff, 1993). Trata-se do primeiro relato da presença de larvas de ácaro da família Trombiculidae em sagüido-Nordeste no Estado de Pernambuco.

## AGRADECIMENTOS

À FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Pesquisa do Estado de Pernambuco) pelo financiamento do Projeto e ao Prof. Frederico Celso Lyra Maia, do Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE pela realização de fotografias do material.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AURICCHIO, P. 1995. Primatas do Brasil. Terra Brasilis, São Paulo, 168p.
- COIMBRA-FILHO, A.F. 1984. Situação atual dos calitriquídeos que ocorrem no Brasil (Callitrichidae - Primates). In: Milton Thiago de Mello (Eds.). A Primatologia no Brasil. Sociedade Brasileira de Primatologia, Belo Horizonte, p. 15-33.
- DEUTSCH, L.A. & PUGLIA, L.R.R. 1988. Os animais silvestres: Proteção, doenças e manejo. Editora Globo, Rio de Janeiro, 191p.
- DINIZ, L.S.M. 1997. Primatas em cativeiro. Manejo e problemas veterinários. Ícone, São Paulo, 196p.
- FLECHTMANN, C.H.W. 1975. Elementos de Acarologia. Nobel, São Paulo, 344p.
- GARCIA-NAVARRO, C.E.K. & PACHALY, J.R. 1994. Manual de hematologia veterinária. Livraria Varela, São Paulo, 169p.
- KFIJY, W.R. 1986. Diagnóstico clínico veterinário. Discos CBS, Rio de Janeiro, 364p.
- MARTIN, D.P. 1986. Primates: Miscellaneous diseases. In M. Fowler (Eds.). Zoo and Wild Animal Medicine: Current Therapy -2. WB Saunders Company, Philadelphia, p.697-699.
- MITTERMEIER, R.A.; RYLANDS, A.B.; COIMBRA-FILHO, A.; FONSECA, G.A.B. 1988. Ecology and behavior of neotropical primates. vol. 2. Littera Maciel, Contagem, 612p.
- OTT-JOSLIN, J.E. 1993. Zoonotic diseases of nonhuman primates. In M. Fowler (Eds.). Zoo and Wild Animal Medicine: Current Therapy -3. WB Saunders Company, Philadelphia, p.358-373.
- POTKAY, S. 1992. Diseases of the Callitrichidae: A review. J. Med. Primat., 21:189-236.
- WILSON, N.; DIETZ, J.M.; WHITAKER Jr., J.O. 1989. Ectoparasitic Acari found on golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia rosalia*) from Bra. Jour. Wildl. Dis.vol.25, n.3, p.433-435,
- WOLFF, P.L. 1993. Parasites of New World primates. In M. Fowler (Eds.). Zoo and Wild Animal Medicine: Current Therapy -3. WB Saunders Company, Philadelphia, p.378-389.

## INFECÇÃO NATURAL POR *TRYPANOSOMA SP.* EM *CALLITHRIX JACCHUS* DE VIDA LIVRE

MÔNICA M. VALENÇA-MONTENEGRO<sup>1</sup>; JAQUELINE B. DE OLIVEIRA<sup>2</sup>;  
MARIA ADÉLIA O. MONTEIRO DA CRUZ<sup>3</sup>

Centro de Proteção de Primatas Brasileiros - IBAMA. Praça Antenor Navarro,  
5, Varadouro, João Pessoa - PB, Cep: 58010-480.

monica.montenegro@ibama.gov.br; 1 - Centro de Proteção de Primatas

Brasileiros - IBAMA. 2- Departamento de Biologia - UFRPE;

3- Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal - UFRPE

### RESUMO

Entre 1996 e 1999 foi realizado, na Estação Ecológica do Tapacurá (PE), o acompanhamento clínico de sagüis da espécie *Callithrix jacchus*, através de observações de campo e de capturas sistemáticas dos indivíduos, para realização de marcação e exame clínico. Além disso, procedeu-se à coleta de material biológico, como sangue periférico, para identificação de possíveis agentes patológicos, sendo o material analisado no Laboratório de Parasitologia da UFRPE. De 59 indivíduos estudados, 2 apresentaram resultado positivo para *Trypanosoma sp.*, sendo este o primeiro registro do parasitismo por esse tripanosomídeo, em *C. jacchus* de vida livre no Estado de Pernambuco.

**Palavras-chave:** *Callithrix jacchus*, *Trypanosoma sp.*, infecção natural

### ABSTRACT

**Natural infection in wild *Callithrix jacchus* by *Trypanosoma sp.*** Our group had studied health problems in wild *Callithrix jacchus*, living in Estação Ecológica do Tapacurá (Pernambuco-Brazil), between 1996 and 1999. Once trapped and anesthetized, individuals were examined and blood samples were collected for parasitological screening. Our data showed that two, among 59 animals, were infected by *Trypanosoma sp.* It is the first record of this protozoan on wild *C. jacchus* in the State of Pernambuco.

**Key-words:** *Callithrix jacchus*, *Trypanosoma sp.*, natural infection

### INTRODUÇÃO

Várias espécies de primatas neotropicais são susceptíveis a infecções por tripanosomídeos, sendo inclusive bastante utilizados como modelos experimentais

para estudo das tripanosomíases. Entretanto, apenas o *Trypanosoma cruzi* (Chagas, 1909) é comprovadamente reconhecido como patogênico (Wallach & Boever, 1983; Travi, 1986) para esses animais. O *Callithrix jacchus*, por sua vez, só é naturalmente infectado por duas espécies: *T. cruzi* e *T. minasense* (Deane, 1962; Ribeiro *et al.*, 1980; Nascimento *et al.*, 1990; Potkay, 1992), e a maioria dos casos relatados constitui achados isolados (Barreto, 1968 *apud* Rocha & Barreto, 1977). Os sagüiis de vida livre, dos quais Deane (1962) e Ribeiro *et al.* (1980) isolaram as duas espécies de *Trypanosoma*, eram provenientes dos Estados de Alagoas, Bahia e Ceará e não se conhecia sua história pregressa, já que foram adquiridos de vendedores clandestinos. Nascimento *et al.* (1990) isolaram o *T. minasense* em um indivíduo de *C. jacchus* em Pernambuco, mas o animal, que fora-lhe doado pelo IBAMA, provavelmente era mantido em cativeiro. Assim, em nenhum desses casos, pode-se afirmar que a infecção tenha sido de origem silvestre.

Entre 1996 e 1999 foi realizado na Estação Ecológica do Tapacurá – PE, o acompanhamento veterinário de uma população de sagüiis de vida livre da espécie *C. jacchus*. O trabalho foi realizado através de observações de campo e de capturas sistemáticas dos indivíduos para realização de exame clínico. Tentou-se assim, fazer o levantamento de patologias que acometem essa espécie em vida livre, uma vez que a grande maioria dos dados existentes em literatura refere-se a animais de cativeiro. O objetivo deste artigo é o de relatar o primeiro registro de ocorrência de infecção por *Trypanosoma* em *Callithrix jacchus* de vida livre para o Estado de Pernambuco.

## MÉTODOS

Os animais da população estudada foram capturados em armadilhas metálicas (Tomahawk) e encaminhados para processamento, quando então foram anestesiados com Cloridrato de Quetamina (50mg/ml) por via intra-muscular, utilizando-se 15 mg/Kg (Martin, 1986; Garcia-Navarro & Pachaly, 1994; Diniz, 1997). Além deste procedimento, os indivíduos foram pesados, medidos e examinados minuciosamente quanto ao seu estado geral e presença de lesões, etc. Para verificação de hemoparasitas, procedeu-se à coleta de sangue periférico da extremidade da cauda ou das orelhas e, em seguida, foram confeccionados esfregaços sangüíneos em lâminas de vidro (Stuart & Strier, 1995), coradas pelo Giemsa. A leitura foi realizada no Laboratório de Parasitologia do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 59 animais analisados, apenas 2 indivíduos (3,3%) machos de um mesmo grupo estavam parasitados por *Trypanosoma* sp. (Figura 1), sem no entanto

demonstrarem qualquer sintomatologia clínica. Os tripanosomídeos já identificados em *C. jacchus*, em vida livre e em cativeiro, são *T. cruzi* e *T. minasense* (Deane, 1962; Ribeiro et al., 1980; Nascimento et al., 1990; Potkay, 1992). Apesar dos primatas neotropicais serem hospedeiros de vários tripanosomídeos, as informações acerca da prevalência, taxonomia, biologia e transmissão de várias espécies são escassas (Ziccardi et al., 2000). Pouco se conhece, por exemplo, sobre a epidemiologia da infecção por *T. minasense* (Potkay, 1992). De acordo com Ziccardi et al. (1986), esta espécie não infecta triatomíneos e nada se sabe sobre os vetores na natureza. Já a espécie *T. cruzi* usa esses insetos como hospedeiro intermediário e a infecção pode ser adquirida através da ingestão dos triatomíneos ou de suas fezes (Potkay, 1992), o que pode ter ocorrido no caso dos animais em estudo, já que também são insetívoros.

O percentual (3,3%) de sagüis infectados no presente estudo, pode estar relacionado ao método diagnóstico utilizado. Em animais cronicamente infectados, o exame do esfregaço de sangue periférico é pouco eficiente, sendo recomendável a sorologia ou o xenodiagnóstico (Sloss et al., 1999). Entretanto, Ziccardi et al. (2000), que isolaram 04 espécies de *Trypanosoma* (*T. cruzi*, *T. devei*, *T. rangeli* e *T. minasense*) em 22 primatas, utilizando hemocultura, esfregaço sangüíneo e xenodiagnóstico, só conseguiram diagnosticar *T. minasense* e *T. devei* através dos esfregaços, mostrando que esta técnica não deve ser desprezada.

Apesar dos resultados inconclusivos com relação à identificação do tripanosomídeo, podemos afirmar que a infecção teve origem silvestre e que este é o primeiro registro do parasitismo por *Trypanosoma* sp. em *Callithrix jacchus* de vida livre no Estado de Pernambuco.

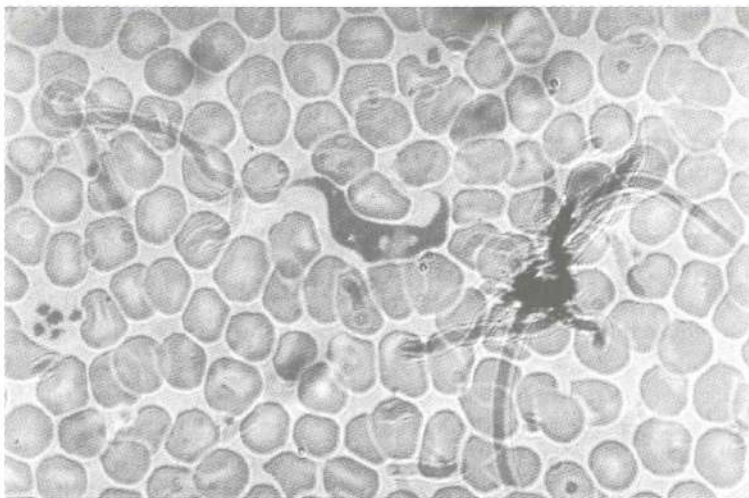


Figura 1. *Trypanosoma* sp. isolado em *Callithrix jacchus* de vida livre.

## AGRADECIMENTOS

À FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Pesquisa do Estado de Pernambuco) pelo financiamento do Projeto e ao Prof. Frederico Celso Lyra Maia, do Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE, pela realização de fotografias do material.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEANE, L.M. 1962. Infecção natural do sagüi *Callithrix jacchus* por tripanosomado tipo *cruzi*. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo. São Paulo, vol.4, n.4, p.225-229.
- DINIZ, L.S.M. , 1997. Primatas em cativeiro. Manejo e problemas veterinários. Ícone, São Paulo, 196p.
- GARCIA-NAVARRO, C.E.K. & PACHALY, J.R. 1994. Manual de hematologia veterinária. Livraria Varela, São Paulo, 169p.
- MARTIN, D.P. 1986. Primates: Miscellaneous diseases. In M. Fowler (Eds.). Zoo and Wild Animal Medicine: Current Therapy -2. WB Saunders Company, Philadelphia, p.697-699.
- NASCIMENTO, A.E.; LEIMIG, T.S.E.; ANDRADE, P.P. 1990. *Trypanosoma minasense* in *Callithrix jacchus* with associated megacolon. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, suppl.1, vol.85, p.142.
- POTKAY, S. 1992. Diseases of the Callitrichidae: A review. Journal of Medical Primatology, 21:189-236.
- RIBEIRO, R.D.; BARRETO, M.P.; BELDA NETO, F.M.; CORREA, S.T.; FERRIOLI FILHO, F. 1980. Estudos sobre reservatórios e vetores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. LXXV: infecção natural do símio *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758) pelo *T. cruzi*. Revista Brasileira de Biologia, vol.40, n.1, p.51-58.
- ROCHA, G.M. & BARRETO, M.P. 1977. Estudos sobre reservatórios e vetores silvestres do *Trypanosoma cruzi*. LXV: infecção natural do símio *Callithrix geoffroyi* (Humboldt, 1812) pelo *T. cruzi*. Revista Brasileira de Biologia, vol.37, n.2, p.419-424.
- SLOSS, M.W.; ZAJAC, A.M.; KEMP, R.L. 1999. Parasitologia Clínica Veterinária. Manole, São Paulo, 198p.
- STUART, M.D. & STRIER, K.B. 1995. Primates and parasites: A case of multidisciplinary approach. International Journal of Primatology, vol. 16, n.4, p.577-593.
- TRAVI, B.L. 1986. Trypanosomiasis en monos americanos. Evaluacion de los metodos diagnosticos. In Milton Thiago de Mello (eds.) A Primatologia no Brasil -2. Campinas, Sociedade Brasileira de Primatologia, p.489-495.
- WALLACH, J.D. & BOEVER, W.J. 1983. Diseases of exotic animals: Medical and surgical management. Saunders, Philadelphia, 1159p.



- ZICCARDI, M.; LORENÇO-DE-OLIVEIRA, R.; NOGUEIRA, R. 1996. The haemoculture of *Trypanosoma minasense* chagas, 1908. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. vol.91, n.4, p.501-505.
- ZICCARDI, M.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R.; LAINSON, R.; BRÍGIDO, M.C.O.; MUNIZ, J.A.P.C. 2000. Trypanosomes of non-human primates from the National Centre of Primates, Ananindeua, State of Pará, Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. vol.95, n.2, p.157-159.



LEVANTAMENTO COPROPARASITOLÓGICO EM MURIQUI  
(*BRACHYTELES ARACHNOIDES HYPOXANTHUS*) DA ESTAÇÃO  
BIOLÓGICA DE CARATINGA, MG.

SÔNIA MARIA C. DOS SANTOS<sup>1</sup>, CLÁUDIO P. NOGUEIRA<sup>2</sup>, ANA ROSI  
D. CARVALHO<sup>1</sup> & KAREN B. STRIER<sup>2,3</sup>

1- Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de Taubaté, Praça  
Marcelino Monteiro, 63, 12030-010 Taubaté – SP, Brasil. 2- Laboratório de  
Mastozoologia, Departamento de Zoologia, ICB, UFMG 3- Department of  
Anthropology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706, U.S.A.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo verificar a presença de protozoários e helmintos, em *Brachyteles arachnoides hypoxanthus* da Estação Biológica de Caratinga, MG. Foram analisadas 34 amostras de fezes de indivíduos de diferentes classes sexo-etárias, distribuídas nos anos de 1993 (10 amostras), 1994 (18 amostras) e 1996 (6 amostras). Foram examinadas duas lâminas de cada amostra através da técnica de centrifugação. Os resultados obtidos revelaram a presença de *Balantidium* sp em machos e fêmeas de diferentes idades sendo encontrado em 30% das amostras de 1993, 27,7% das amostras de 1994 e 16,6% das amostras de 1996. *Strongyloides* sp foi encontrado em 5,5% das amostras de 1994, em uma fêmea adulta.

**Palavra-chave:** muriqui, mono, *Brachyteles*, parasitas, doença parasitária

ABSTRACT

Survey of Fecal Parasites in Muriquis (*Brachyteles arachnoides hypoxanthus*) at the Estação Biológica de Caratinga, MG. were examined to verify the presence of protozoans and helminths. The samples were collected in 1993 (10 samples), 1994 (18 samples) and 1996 (6 samples). The centrifugation technique was used to examine two slides of each sample. The results showed that 30% of the samples in 1993, 27,7% in 1994 and 16,6% in 1996 were positive for *Balantidium* sp. Only one adult female (5,5% of the samples in 1994) was infected with *Strongyloides* sp.

**Key words:** muriqui, mono, *Brachyteles*, parasite, primate disease

## INTRODUÇÃO

Um dos primeiros trabalhos com parasitas de *Brachyteles arachnoides* no Brasil, foi realizado por Travassos (1943) que descreve as espécies *Trypanoxyuris brachytelesi* e *Graphidiodes berlai*. Dunn (1963) cita a ocorrência de *Bertiella mucronata*, *Moniezia rugosa* e *Atriotaeonia megastoma* para a espécie. Deane, 1969 através de exames sanguíneos, encontrou *Plasmodium brasilianum* e *P. simium*. Stuart *et al.* (1993), através de estudos comparativos coproparasitológicos em 4 áreas de proteção à primatas no Brasil, em estações e anos subsequentes, registra o encontro de *Strongyloides cebus*, *T. brachytelesi* e *G. berlai* em *B. arachnoides*, sendo que os indivíduos da população de muriquis da Estação Biológica de Caratinga (E.B.C.) não apresentaram parasitas.

A variação no registro de parasitas entre populações de uma mesma espécie, pode refletir diferenças existentes entre as localidades, a dieta e variações temporais. Estudos com outras espécies como *Pan troglodytes* (McGrew *et al.*, 1989) e *Alouatta palliata* (Stuart *et al.*, 1990) tem atribuído as variações intraespecíficas, a densidade populacional e fatores climáticos.

O trabalho tem como objetivo verificar a presença de protozoários intestinais e helmintos em *Brachyteles arachnoides hypoxanthus* e a existência de variação na ocorrência de parasitas relacionada as faixas sexo-etárias.

## MÉTODOS

A área de estudo possui 890 ha de mata Atlântica onde esta localizada a Estação Biológica de Caratinga que fica a 50 km do município de Caratinga, MG. Sua vegetação é formada por um mosaico de áreas primárias, secundárias e em regeneração cercada, principalmente, por culturas de café e pastagens (Hatton *et al.*, 1984). Apresenta duas estações bem definidas uma chuvosa (outubro a março) e uma estação seca (abril a setembro) (Strier, 1987).

O estudo foi realizado com um dos grupos (grupo Matão) que habita as matas da E.B.C. e que é objeto de estudos de longo prazo sobre aspectos demográficos, ecológicos, comportamentais e reprodutivos (Strier, 1986; Strier *et al.*, 1993; 1999).

Foram analisadas 34 amostras de fezes de indivíduos de diferentes classes sexo- etárias, distribuídas nos anos de 1993 (10 amostras), 1994 (18 amostras) e 1996 (6 amostras). O material foi coletado durante a realização de estudos ecológicos e comportamentais dos animais e foram considerados adultos os indivíduos sexualmente ativos e jovens os indivíduos entre 3 e 6 anos de idade (Strier *et al.*, 1993). As fezes foram preservadas em formol a 10%, em frasco plástico Para-Park (Median Diagnostics Inc.; Cincinnati, Ohio, 45244). Para cada amostra, foram analisadas 2 lâminas, através do método de Richtie (1948).

## RESULTADOS

Em 1993, através da análise de fezes de 10 indivíduos (3 fêmeas adultas, 3 fêmeas jovens e 4 machos jovens), 30% encontravam-se parasitados por *Balantidium* sp. No ano de 1994, foram realizados exames em 18 indivíduos (2 machos adultos, 4 machos jovens, 9 fêmeas adultas, 3 fêmeas jovens, sendo que 27,7% dos indivíduos encontravam-se parasitados por *Balantidium* sp e 5,5% por *Strongyloides* sp. (1 fêmea adulta). Nos exames realizados em 1996 em 6 indivíduos (3 fêmeas adultas e 3 machos adultos), 16,6% encontravam-se parasitados por *Balantidium* sp. (Tabela 1).

Os resultados encontrados não indicaram diferenças na incidência de *Balantidium* entre os anos amostrados ( $X^2 = 0,38$  gl = 2  $p = 0,83$ ) e nem entre as diferentes classes sexo-etária (Prova Exata de Fisher - AD vs J  $p = 0,44$ ; FAD vs MAD  $p = 0,52$ ).

Tabela 1. Incidência de *Balantidium* sp. em *Brachyteles arachnoides hypoxanthus* de acordo com o sexo e faixa etária.

	1993		1994		1996		Total	
	n. ind.	(+)	n. ind.	(+)	n. ind.	(+)	n. ind.	(+)
Fêmea adulta (FAD)	3	2	9	2	3	1	15	5
Macho adulto (MAD)	-	-	2	1	3	0	5	1
Fêmea jovem (FJ)	3	1	3	0	-	-	6	1
Macho jovem (MJ)	4	0	4	2	-	-	8	2
Total	10	3	18	5	6	1	34	9

(+) número de amostras positivas

## DISCUSSÃO

O gênero *Balantidium* é um protozoário que pertence a Classe Ciliata, Família Balantidiidae, sendo considerado o maior protozoário da Classe (Vitoria, 1999). O hospedeiro considerado natural é o porco, podendo ser encontrado em roedores, cavalos, homem e em diversos primatas como: gorilas, chimpanzês, babuínos e bugios (Stiles et al., 1929; Beneson, 1990; Marsden, 1991; Neves, 1991; Yang et al., 1995).

Esse protozoário é transmitido através da contaminação da água e alimentos por fezes de animais ou do homem, sendo que a sua patogenicidade não está bem definida nem para seu hospedeiro natural (porco) e nem para outros animais (Neves, 1991; Cheng, 1986; Vitoria, 1999).

Em miquis, constitui o primeiro registro desse protozoário para esta população e os resultados indicaram que o protozoário esteve presente em todos os anos amostrados e distribuído nas diferentes classes sexo-etárias.

O gênero *Strongyloides* Grassi, 1879 pertence a Classe Nematoda, Família Strongyloididae. É um parasito encontrado em vertebrados (Vicente *et al.*, 1998). Rodrigues *et al.* (1985) descreve *Strongyloides fulleborni* Listow, 1905 em *Macaca mulatta*. Jessee *et al.* (1970), em trabalho de identificação de ovos de helmintos, em várias espécies de primatas do Velho Mundo, e Chitwood (1970) consideraram *Strongyloides* o parasita mais comum entre eles.

Stuart *et al.* (1993) através de estudos parasitológicos de miquis em 4 áreas de proteção à primatas no Brasil, detectaram *Strongyloides cebus* em 89% dos 9 indivíduos examinados na Fazenda Esmeralda (MG) e 47% dos 15 indivíduos examinados no Parque Estadual de Carlos Botelho (SP). Na Estação Biológica de Caratinga (MG) foram examinados 31 indivíduos e na Fazenda Barreiro Rico (SP) 2 indivíduos sendo que, em todos os animais dessas duas áreas, não foi encontrado parasitas.

A presença de uma fêmea adulta, no ano de 1994, parasitada com esta espécie, apresenta-se como o primeiro registro para a população da E.B.C. Este fato coincide com observações de geofagia nos miquis dessa população (esse comportamento vem sendo analisado por Dib e colaboradores). Knezevich (1998) relaciona a prática de geofagia ao possível controle de diarreia, causada pela alta infestação de parasitas em *Macaca mulatta*, devido as propriedades mecânicas e farmacêuticas de alguns componentes encontrados no solo.

Densidade populacional e fatores climáticos tem sido associado as variações na presença de parasitas em primatas (Stuart *et al.*, 1993; Knezevich, 1998). Huffman *et al.* (1996) discute a ação medicinal de certas espécies vegetais utilizadas na alimentação por chimpanzés, no controle de parasitas. Estudos envolvendo as espécies de primatas que ocorrem na mesma área deste estudo (ver Santos *et al.*, este volume), também sugerem os possíveis efeitos da dieta ligado as diferenças observadas na incidência de parasitas nesta população. Estes são alguns fatores que poderiam explicar a baixa incidência encontrada de parasitas, porém são necessários estudos mais detalhados envolvendo a variação sazonal e a composição fitoquímica das plantas utilizadas na alimentação.

## AGRADECIMENTOS

A Liz Clairborne and Art Ortenberg Foundation, Chicago Zoological Society (NSF BNS 8958298), Lincoln Park Zoo Scott Neotropic Fund e Graduate School of the University of Wisconsin-Madison pela bolsa cedida através da K.B.S. e a CAPES pela bolsa de doutorado cedida a C.P.N. através do curso E.C.M.V.S.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENESON, A.S. 1990. Balantidiasis. Control of communicable diseases in man 15<sup>th</sup> ed. Washington DC American Public Health Association, p. 56-57.
- BENESON, A.S. 1990. Balantidiasis. Control of communicable diseases in man 15<sup>th</sup> ed. Washington DC American Public Health Association, p. 56-57.
- CHENG, T.C. 1986. General Parasitology, 2<sup>a</sup> ed., Academic Press, Inc., Londres. 827 p.
- CHITWOOD, M. 1970. Comparative relationships of some parasites of man and old and new world subhuman primates. Lab. Anim. Care, 20: 211-220.
- DEANE, L.M.; FERREIRA, N.J.A.; OKUMURA, M. & FERREIRA, M.O. 1969. Malaria parasites of Brazilian monkeys. Rev. Inst. Med. Trop., 11:71-86.
- HUFFMAN, M.A.; PAGE, J.E.; SUKHDEO, M.V.K.; GOTOH, S.; KALUNDE, M.S.; CHANDRASIRI, T. & TOWERS, G.H.N. 1996. Leaf-swallowing by chimpanzees: A behavioral Adaptation for the control strongyle nematoda infections. Int. J. Primatol., 17(4):475-503.
- JESSEE, M.T.; SCHILLING, P.W. & STUNKARD, J.A. 1970. Identification of intestinal helminth eggs in old world primates. Lab. Anim. Care, 20(1):83-87.
- MARSDEN, P. 1991. Infections due *Balantidium coli* in primates. Ver. Infect. Dis., 13(4): 765 -766.
- MCGREW, W.C.; TUTIN, C.E.G.; COLLINS, D.A. & FILE, S.K. 1989. Intestinal parasites of sympatric *Pan troglodytes* and *Papio* spp. at two sites: Gombe (Tanzania) and Mt. Assirik (Senegal). Am. J. Primatol., 17:147-155.
- NEVES, D.P. 1991. Parasitologia humana. 8<sup>a</sup> ed., Atheneu, São Paulo.
- RODRIGUES, H. O.; VICENTE, J.J. & GOMES, D.C. 1985. Nova espécie gênero *Strongyloides* Grassi, 1879 (Nematoda, Rhabdiasoidea). Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 80(4):407-410.
- RITCHIE, L.S. 1948. An ether sedimentation technique for routine stool examination. Bull. U.S. Army Med. Dep., 8: 326.
- SANTOS, S.M.C.; NOGUEIRA, C.P.; CARVALHO, A.R.D. & STRIER, K.B.(submetido). Estudo helmintológico de primatas da Estação Biológica de Caratinga, MG A Primatologia no Brasil, vol. 8.

- STILES, C.W.; HASSALL, A. & NOLAN, O. 1929. Key-catalogue of parasites reported for primates (monkeys and lemurs) with their possible public health importance, and key catalogue of primates for which parasites are reported. U.S. Treasury Department; Public Health Service, Hygienic Laboratory Bulletin, 152:409-601.
- STRIER, K.B. 1986. The Behavior and Ecology of the Woolly Spider Monkey or Muriqui (*Brachyteles arachnoides* E. Geoffroy 1806). PhD. Thesis, Harvard University, 352 p.
- STRIER, K.B. 1987. Activity budgets of woolly spider monkeys, or muriquis. Am. J. Primatol., 13:385-395.
- STRIER, K.B.; MENDES, F.D.C.; RIMOLI, J. & RIMOLI, A.O. 1993. Demography and social structure of one group of muriquis (*Brachyteles arachnoides*). Int. J. Primatol., 14(4):513-526.
- STRIER, K.B.; ZIEGLER, T.E. & WITTWER, D.J. 1999. Seasonal and social correlates of fecal testosterone and cortisol levels in wild male muriquis (*Brachyteles arachnoides*). Horm. Behav., 35:125-134.
- STUART, M.D.; GREENSPAN, L.L.; GLANDER, K.E. & CLARKE, M.R. 1990. A coprological survey of the parasites of wild mantled howling monkeys, *Alouatta palliata palliata*. J. Wildlife Dis., 26:547-549.
- STUART, M.D.; STRIER, K.B. & PIERBERG, S.M. 1993. A coprological survey of parasites of wild muriquis *Brachyteles arachnoides*, and brow howling monkeys, *Alouatta fusca*. J. Helminthol. Soc. Wash., 60(1): 111 - 115.
- TRAVASSOS, L. 1943. Um novo Trichostrongylidae de *Brachyteles arachnoides*; *Graphidioides berlai* n. sp. (Nematoda, Strongyloidea). Rev. Bras. Biol., 3:199-201.
- VICENTE, J.J.; RODRIGUES, H.O.; GOMES, D.C. & PINTO, R.M. 1997. Nematóides do Brasil. Parte V: Nematóides de mamíferos. Rev. Bras. Zool., 14 (supl.1):1-452.
- VITORIA, M.A.A. 1999. In B. CIMERMAN & S. CIMERMAN. Parasitologia Humana e Seus Fundamentos Gerais. 1ª ed., Atheneu, São Paulo, 375 p.
- YANG, Y.; ZENG, L.; ZHOU, J. 1995. Diarrhoea in piglets and monkeys experimentally infected with *Balantidium coli* isolated from human faeces. J. Trop. Med. Hyg., 98(1): 69 -72.



## NOTA SOBRE HELMINTOS ENCONTRADOS EM PRIMATAS DA ESTAÇÃO BIOLÓGICA DE CARATINGA, MG

SÔNIA MARIA C. SANTOS<sup>1</sup> ; CLÁUDIO P. NOGUEIRA<sup>2</sup> ; ANA ROSI D.  
CARVALHO<sup>1</sup> & KAREN B. STRIER<sup>2,3</sup>

1- Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de Taubaté, Praça  
Marcelino Monteiro, 63 , 12030-010 Taubaté – SP, Brasil; 2- Laboratório de  
Mastozoologia, Departamento de Zoologia, ICB, UFMG; 3- Department of  
Anthropology, University of Wisconsin, Madison.

### RESUMO

Com o objetivo de conhecer a incidência dos parasitas em primatas da Estação Biológica de Caratinga no ano de 1996, foram coletadas 17 amostras de fezes, sendo quatro de *Callithrix flaviceps*, quatro de *Cebus apella nigrinus*, três de *Alouatta fusca clamitans* e seis de *Brachyteles arachnoides hypoxanthus*. Foram examinadas duas lâminas de cada amostra através do método de centrifugação. Os resultados obtidos foram negativos para *Alouatta* e *Brachyteles*, enquanto para *Cebus* 75% das amostras foram positivas para *Strongyloides* sp., 50% para *Raillietina* sp. e 25% para *Trypanoxyuris* sp.; em *Callithrix*, 100% das amostras foram positivas para *Primasubulura* sp. e 25% positivas para *Strongyloides* sp. Foi discutida a possível influência da dieta na incidência desses parasitas e a necessidade de estudos mais detalhados envolvendo amostragens nas estações seca e chuvosa e dados sobre a fitoquímica dos itens alimentares.

**Palavras chaves:** miqui, *Brachyteles*, parasitas, helmintos.

### ABSTRACT

**Note on helminths of primates at the Caratinga Biological Station in Minas Gerais State - Brazil.** The presence of parasites was investigated in four species of primates at the Caratinga Biological Station in Minas Gerais State – Brazil. Seventeen fecal samples were collected from *Callithrix flaviceps* (four samples), *Cebus apella nigrinus* (four samples), *Alouatta fusca clamitans* (three samples) and *Brachyteles arachnoides hypoxanthus* (six samples). All samples were examined by centrifugation. There were no parasites in the samples from *Alouatta* and *Brachyteles*. In *Cebus*, 75% of

the samples were positive for *Strongyloides* sp., 50% for *Raillietina* sp. and 25% for *Trypanoxyuris* sp. In *Callithrix*, 100% of the samples were positive for *Primasubulura* sp. and 25% positive for *Strongyloides* sp. We discuss the possible effect of diet on the presence of parasites, and conclude that more detailed studies, which include dry and rainy season comparisons and information about food phytochemical properties, are merited.

**Key words:** miqui, *Brachyteles*, parasite, helminths, primate disease.

## INTRODUÇÃO

O estudo helmintológico de primatas, em seu habitat natural no Brasil, ainda é muito deficiente. Os primeiros trabalhos a esse respeito foram realizados por Travassos (1924, 1925, 1927) em levantamento parasitológico de vários animais de nossa fauna, inclusive de primatas. Os trabalhos existentes, em sua maioria, são referentes a primatas resgatados durante a construção de hidrelétricas ou aqueles que encontram-se em cativeiro, com a finalidade de reprodução ou para experimentos em biomedicina (Melo & Pereira, 1986; Melo *et al.*, 1997; Resende *et al.*, 1994).

Stuart *et al.* (1993) compararam as populações de miqui e bugio que ocorrem na Estação Biológica de Caratinga (E.B.C.) com populações de outras três localidades para avaliar a presença de endoparasitas, sendo que somente os miquis e bugios da E.B.C. não apresentaram parasitas.

Stuart *et al.* (1998) compilaram dados sobre as espécies de parasitas encontrados no gênero *Alouatta*.

Recentes observações de geofagia em miqui (A.R.S. Carvalho, obs. pes.; Dib *et al.*, 2001) estimularam novas pesquisas na área de estudo, uma vez que a geofagia tem sido relacionada a presença de parasitas (Knezevich, 1998; Krishnamani & Mahaney, 2000), entre outras causas.

Este trabalho tem como objetivo relatar e discutir a incidência de parasitas nas espécies de primatas da Estação Biológica de Caratinga, MG.

## MÉTODOS

A área de estudo possui 890 ha de mata Atlântica onde está localizada a Estação Biológica de Caratinga que fica a 50 km do município de Caratinga, MG. Sua vegetação é formada por um mosaico de áreas primárias, secundárias e em regeneração, cercada por culturas de café e pastagens (Hatton *et al.*, 1984).

Em setembro de 1996, no final da estação seca (abril a setembro), foram coletadas 17 amostras de fezes das quatro espécies de primatas que

ocorrem na E.B.C., sendo quatro amostras de fezes de sagüi-taquara (*Callithrix flaviceps*), quatro de macaco-prego (*Cebus apella nigrinus*), três de bugio (*Alouatta fusca clamitans*) e seis de miqui (*Brachyteles arachnoides hypoxanthus*). As fezes foram preservadas em formol a 10% em frasco plástico Para-Pak (Median Diagnostics Inc.; Cincinnati, Ohio, 45244). Para o diagnóstico foi realizado o método de centrífugo-sedimentação (Ritchie, 1948) e duas lâminas por amostra foram examinadas ao microscópio a procura de ovos e larvas. Na ausência de formas adultas, a identificação foi feita até o nível de gênero.

## RESULTADOS

Das 17 amostras examinadas 41,2% (sete amostras) apresentavam ovos de Nematoda e somente 11,8% (duas amostras) ovos de Cestoda (Tabela 1).

As amostras provenientes de *A. fusca clamitans* e *B. arachnoides hypoxanthus* apresentaram resultados negativos. Para *C. flaviceps*, 100% das amostras foram positivas para *Primasubulura* sp. (Figura 1) e 25% para *Strongyloides* sp. (Figura 2), enquanto para *C. apella nigrinus* 75% das amostras foram positivas para *Strongyloides* sp., 50% para *Railleitina* sp. (Figura 3) e 25% para *Trypanoxyuris* sp.

Tabela 1 - Incidência de helmintos em primatas da Estação Biológica de Caratinga-MG

Espécie	Número de amostras	Amostras positivas	% positivas	Espécie de parasitas
<i>A. fusca clamitans</i>	3	0	0	
<i>B. a. hypoxanthus</i>	6	0	0	
<i>C. flaviceps</i>	4	4	100	<i>Primasubulura</i> sp. <sup>1</sup>
		1	25	<i>Strongyloides</i> sp. <sup>1</sup>
<i>C. apella nigrinus</i>	4	3	75	<i>Strongyloides</i> sp. <sup>1</sup>
		2	50	<i>Railleitina</i> sp. <sup>2</sup>
		1	25	<i>Trypanoxyuris</i> sp. <sup>1</sup>

1 (Nematoda); 2 (Cestoda)

## DISCUSSÃO

O fato das espécies, *A. fusca clamitans* e *B. arachnoides hypoxanthus*, não se apresentarem parasitadas por helmintos, durante o período deste estudo, apesar do pequeno número de amostras (quatro para *Alouatta* e seis para *Brachyteles*) e de terem sido coletadas no mesmo período do ano (fim da estação

seca), é consistente com os resultados encontrados por Stuart *et al.* (1993) envolvendo a mesma população de muriquis e bugios, com amostras coletadas em diferentes estações e em anos subsequentes (1989 a 1991).

Recentes observações de geofagia por muriquis da E.B.C. (A.R.D. Carvalho obs. pes.; Dib *et al.*, 2001) tem estimulado novas pesquisas, uma vez que o consumo de terra por outras espécies, inclusive por humanos, tem sido relacionado com a presença de parasitas (Knezevich, 1998; Krishnamani & Mahaney, 2000), entre outras causas.

As amostras coletadas de *C. flaviceps* e *C. apella nigrittus* apresentaram pelo menos uma espécie de parasita. O alto índice de *Primasubulura* observado em *C. flaviceps* concorda com os resultados obtidos para *C. penicillata* por Resende *et al.* (1994). Isso parece indicar que este Nematoda seja comum nesse gênero, embora também tenha sido observado em diversas espécies de *Saguinus* sp. (Porter Jr., 1972) e em *Callicebus personatus nigrifrons* em percentual muito alto, em animais oriundos da região da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte – MG, durante o resgate de fauna (Melo *et al.*, 1997).

O gênero *Strongyloides* sp. é um parasita considerado comum em primatas do Novo Mundo (Chitwood, 1970), porém, em recente levantamento bibliográfico de Nematoda de mamíferos, não foi registrado o encontro desse parasita em *C. flaviceps* (Vicente *et al.*, 1997).

Os gêneros *Trypanoxyuris* e *Railleitina* ocorreram somente em *Cebus*. *Trypanoxyuris*, que esteve presente em 25% das amostras, no Brasil já foi registrado para 12 espécies de primatas, incluindo *C. apella* (Vicente *et al.*, 1997). Já *Railleitina*, que ocorreu em 50% das amostras, pode estar ligado ao hábito alimentar do macaco prego que inclui o consumo de insetos (tido como hospedeiro intermediário deste parasita) (Dunn, 1963). Porém, este parasita já foi registrado para duas espécies de *Alouatta* (*A. palliata* e *A. seniculus*) (Stuart *et al.*, 1998), que são basicamente folívoros.

No local de estudo, *B. arachnoides hypoxanthus* e *A. fusca clamitans*, tem mostrado uma dieta herbívora, consumindo principalmente folhas, e frutos quando disponíveis (Strier, 1986, 1991; Nogueira, 1996; Mendes, 1985). Já *C. flaviceps* e *C. apella* apresentaram uma dieta omnívora (Ferrari, 1988; Torres De Assumpção, 1988), consumindo pequenos invertebrados como insetos e moluscos, que podem ser possíveis hospedeiros intermediários de alguns parasitas (Knezevich, 1998; Neves, 2000). A diferença nos hábitos alimentares dessas espécies pode ser o responsável pela ocorrência de certas espécies de Nematoda e Cestoda em *Cebus* e *Callithrix*. Strier (1998) sugere que a negatividade encontrada em *Brachyteles* e *Alouatta*, quanto a presença de certos parasitas, possa estar ligada a dieta, uma vez que para outras espécies de primatas, como o chimpanzé (*Pan troglodytes*) algumas plantas consumidas por eles tem

demonstrado ação antihelmíntica (Wrangham & Nishida, 1983; Huffman & Seifu, 1989), e por algumas espécies de plantas consumidas pelos muiquis também serem utilizadas por humanos na Amazônia no controle de parasitas intestinais (Strier, 1998).

Outros estudos desenvolvidos com a mesma população de muiquis tem detectado a prática de geofagia e a presença de pelo menos uma espécie de Nematoda parasita em anos diferentes (Dib et al., 2001.; ver Santos et al., este volume).

Estudos mais detalhados envolvendo amostragem nas estações seca e chuvosa e dados relacionados a fitoquímica das plantas alimentares poderiam esclarecer se a baixa incidência dos parasitas em *Brachyteles* e *Alouatta* estão restritas a certos períodos do ano e se a variação está relacionada a dieta.

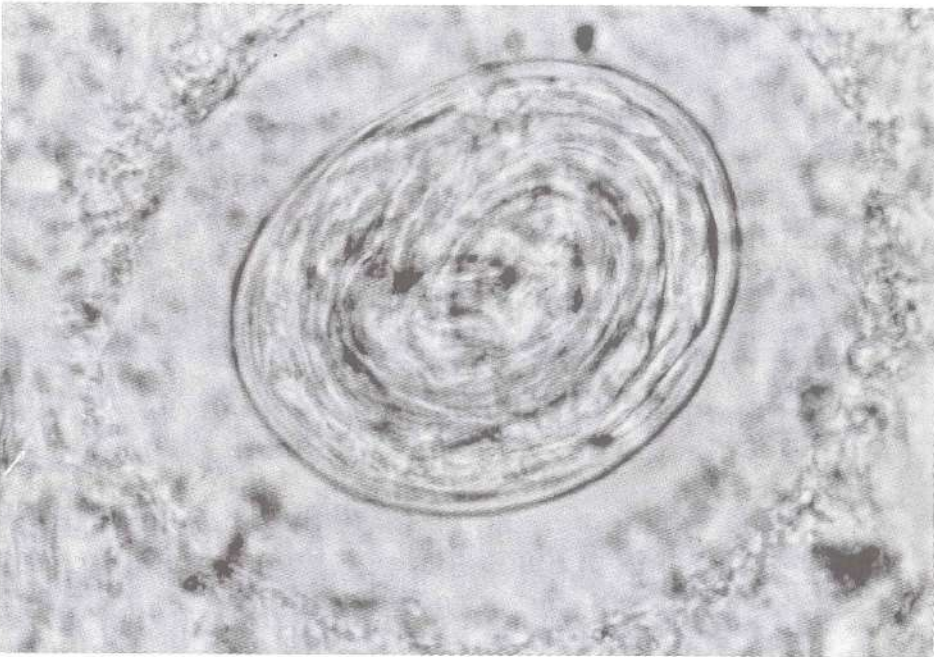


Figura 1. Ovo de *Primasubulura* sp. em fezes de *Callithrix flaviceps* (aumento de 500 x).

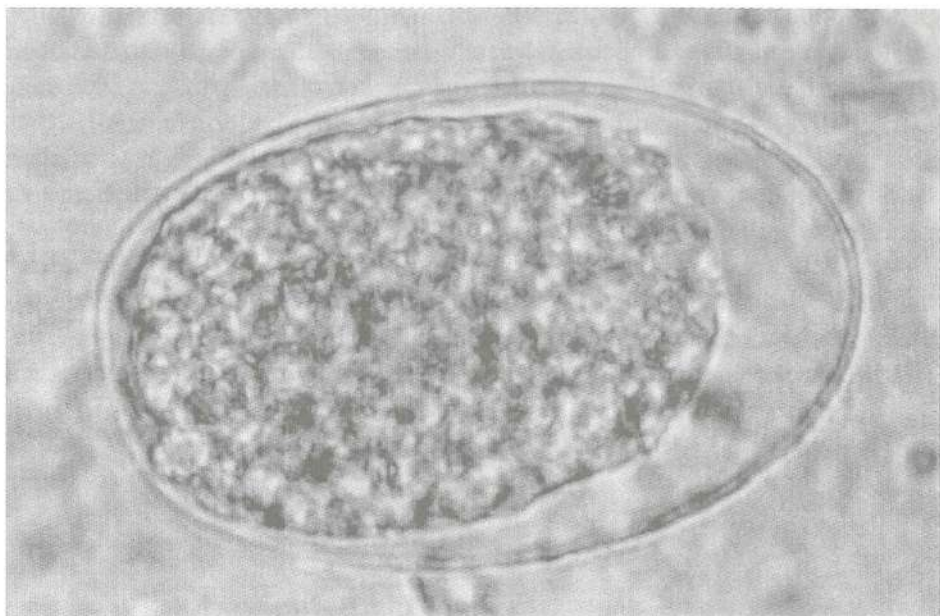


Figura 2. Ovo de *Strongyloides* sp. em fezes de *Cebus apella nigrinus* (aumento de 500 x).

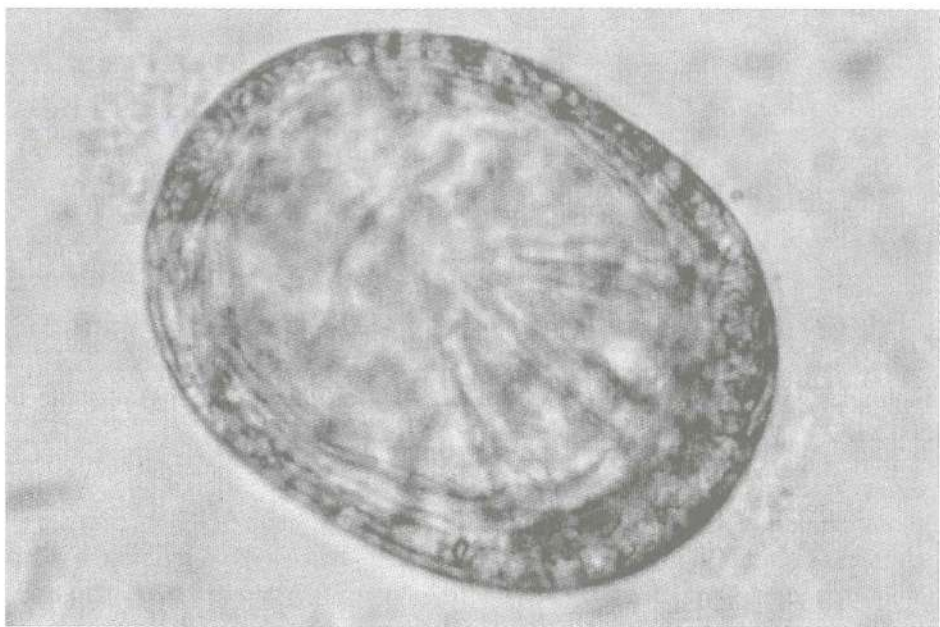


Figura 3. Ovo de *Raillietina* sp. em fezes de *Cebus apella nigrinus* (aumento de 500 x).

## AGRADECIMENTOS

A Liz Clairborne and Art Ortenberg Foundation, Chicago Zoological Society (NSF BNS 8958298), Lincoln Park Zoo Scott Neotropic Fund e Graduate School of the University of Wisconsin-Madison pela bolsa cedida através da K.B.S. e a CAPES pela bolsa de doutorado cedida a C.P.N. através do curso E.C.M.V.S. Ao Prof. Dr. Alan Lane de Melo pelo auxílio na confirmação de algumas das espécies de parasitas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHITWOOD, M. 1970. Comparative relationships of some parasites of man and old new world subhuman primates. *Lab. Anim. Care*, 20(2):389-394.
- DIB, L.R.T., OLIVA, A.S., and SRIER, K.B. 2001. Geophagy in muriquis (*Brachyteles arachnoides hypoxantus*): First reports. *Revista de Etologia* 3:67-73
- DUNN, F.L. 1963. Acanthocephalans and cestodes of South American monkeys and marmosets. *J. Parasitol.*, 49(5):717-722.
- FERRARI, S.F. 1988. The Behavior and Ecology of the Buffy-headed Marmoset, *Callithrix flaviceps* (O. Thomas, 1903). PhD Thesis, University College London, 448 p.
- HATTON, J., SMART, N. & THOMSON, K. 1984. In urgent need of protection habitat for the woolly spider monkeys. *Orix*, 18(1):24-29.
- HUFFMAN, M.A. & SEIFU, M. 1989. Observations on the illness of and consumption of a possibly medicinal plant, *Vernonia amygdalina* (Del.), by a wild chimpanzee in the mahale Mountains National Park, Tanzania. *Primates*, 30:51-63.
- KNEZEVICH, M. 1998. Geophagy as a therapeutic mediator of endoparasitism in a free-rangin group of rhesus macaques. *Am. J. Primatol.*, 44:71-82.
- KRISHNAMANI, R. & MAHANEY, W.C. 2000. Geophagy among primates: adaptive significance and ecological consequences. *Animal Behaviour*, 59:899-915.
- MELO, A.L. & PEREIRA, L.H. 1986. Sobre o parasitismo por *Primasubulura jachii* em *Callithrix penicillata* (Primates, Callitrichidae). In M.T. MELLO (Ed.). *A Primatologia no Brasil - 2*. Sociedade Brasileira de Primatologia, Brasília, p. 483-487.
- MELO, A.L., NERI, F.M. & FERREIRA, M.B. 1997. Helminthos de sauás, *Callicebus personatus nigrifons* (Spix, 1823; Primates: Cebidae), coletados em resgate faunístico durante a construção da Usina Hidrelétrica Nova Ponte -MG. In M.B.C. SOUZA & ALL. MENESES (Eds.). *A Primatologia do Brasil - 6*. EDUFRN, Natal, p.193-198.
- MENDES, S.L. 1985. Uso do Espaço, Padrões de Atividades Diárias e Organização Social de *Alouatta fusca* (PRIMATES, CEBIDAE) em Caratinga-MG. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília - DF.
- NEVES, D.P. 2000. *Parasitologia Humana*. 10ª ed., Atheneu, São Paulo, 164 p.

- NOGUEIRA, C.P. 1996. Comparação entre as Dietas de Fêmeas de Muriqui (*Brachyteles arachnoides*, Primates, Cebidae) em Diferentes Estágios Reprodutivos. Dissertação de Mestrado, Universidade de Guarulhos, Guarulhos - SP, 90 p.
- PORTER Jr., J.A. 1972. Parasites of marmosets. *Lab. Anim. Care*, 22 (4):503-506.
- RESENDE, D.M., PEREIRA, L.H., MELO, A.L., TAFURI, W.L., MOREIRA, N.B. & OLIVEIRA, C.L. 1994. Parasitism by *Primasubulura jachii* (Marcel, 1857) Inglis, 1958 and *Trichospirula leptostoma* Smith and Chitwood, 1967 in *Callithrix penicillata* marmosets, trapped in the wild environment and maintained in captivity. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 89(1):123-125.
- RITCHIE, L.S. 1948. An ether sedimentation technique for routine stool examination. *Bull. U.S. Army Med. Dep.*, 8:326.
- SANTOS, S.M.C., NOGUEIRA, C.P., CARVALHO, A.R.D. & STRIER, K.B. (no prelo) Levantamento coproparasitológico em muriqui (*Brachyteles arachnoides hypoxanthus*) da Estação Biológica de Caratinga, MG A Primatologia no Brasil - 8.
- STRIER, K.B. 1986. The Behavior and Ecology of the Woolly Spider Monkey or Muriqui (*Brachyteles arachnoides* E. Geoffroy 1806). PhD. Thesis, Harvard University, 352 p.
- STRIER, K.B. 1991. Diet in on group of woolly spider monkeys or muriqui (*Brachyteles arachnoides*). *Am. J. Primatol.*, 23:113-126.
- STRIER, K.B. 1998. Menu for a Monkey. In R.L. CIOCHON. & R.A. NISBETT (Eds.). *The Primate Anthology. Essays on Primate Behavior, Ecology, and Conservation from Natural History.* Prentice Hall, New Jersey, p.180-186.
- STUART, M., STRIER, K.B. & PIERBERG, S.M. 1993. A coprological survey of parasites of wild muriquis *Brachyteles arachnoides*, and brown howling monkeys, *Alouatta fusca*. *J. Helminthol. Soc. Wash.*, 60(1):577-593.
- STUART, M., PENDEERGAST, V., RUMFELT, S., PIERBERG, S., GREENSPAN, L., GLANDER, K. & CLARKE, M. 1998. Parasites of wild howlers (*Alouatta* spp.). *Int. J. Primatol.*, 19(3):493-512.
- TORRES DE ASSUMPÇÃO, C. 1988. An Ecological Study of the Primates of Southeastern Brazil, with a Reappraisal of *Cebus apella* Races. PhD. Thesis, University of Edinburgh, 337 p.
- TRAVASSOS, L. 1924. Pesquisas científicas realizadas em Angra dos Reis. *Folha Med.*, 5(13):152-153.
- TRAVASSOS, L. 1925. Contribuições para o conhecimento da faunahelminológica brasileira. XVIII. Sobre as espécies brasileiras do gênero *Gnathostoma* Owen, 1936. *Ci. Med. Rio de Janeiro*, 3(3):508-517.
- TRAVASSOS, L. 1927. Nematódeos novos. *Bol. Biol. São Paulo*, 6:52-61.
- VICENTE, J.J.; RODRIGUES, H.O. ; GOMES, D.C. & PINTO, R.M. 1997. Nematóides do Brasil. Parte V: Nematóides de Mamíferos. *Rev. Bras. Zool.*, 14(Supl. 1):1-452.
- WRANGHAM, R.W. & NISHIDA, T. 1983. *Aspilia* spp. leaves: A puzzle in the feeding behaviour of wild chimpanzees. *Primates*, 24:276-282.



