

JARBAS PEREIRA DE PAULA

ESTUDO ANATÔMICO DOS PRINCIPAIS SULCOS E GIROS DO
CÉREBRO DE *Cebus libidinosus* (RYLANDS, 2000) (PRIMATES,
CEBIDAE) E ANÁLISE DA CITOARQUITETURA CORTICAL DO LOBO
PARIETAL USANDO A TÉCNICA DE GOLGI-COX.

BRASÍLIA, 2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

JARBAS PEREIRA DE PAULA

ESTUDO ANATÔMICO DOS PRINCIPAIS SULCOS E GIROS DO CÉREBRO DE
Cebus libidinosus (RYLANDS, 2000) (PRIMATES, CEBIDAE) E ANÁLISE DA
CITOARQUITETURA CORTICAL DO LOBO PARIETAL USANDO A TÉCNICA DE
GOLGI-COX.

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde
pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Saúde da Universidade de Brasília

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Bezerra Tomaz

Co-Orientador: Prof. Dr. Tales Alexandre Aversi-
Ferreira

BRASÍLIA, 2010

JARBAS PEREIRA DE PAULA

ESTUDO ANATÔMICO DOS PRINCIPAIS SULCOS E GIROS DO CÉREBRO DE
Cebus libidinosus (RYLANDS, 2000) (PRIMATES, CEBIDAE) E ANÁLISE DA
CITOARQUITETURA CORTICAL DO LOBO PARIETAL USANDO A TÉCNICA DE
GOLGI-COX.

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde
pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da
Saúde da Universidade de Brasília

Aprovado em: 05 de julho de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Carlos Alberto Bezerra Tomaz – (Presidente)

Universidade de Brasília

Profº. Dr. Paulo Andrade de Mello

Universidade de Brasília

Profº Dr. Zenon Silva

Universidade Federal de Goiás

Profº Dr. Riccardo Pratesi – (Suplente)

Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e por manter minha fé e perseverança.

Ao Professor Dr. Carlos Tomaz, pela orientação, pelo voto de confiança em nós depositado e por abrir as portas de seu Laboratório ao nosso grupo de pesquisa.

Ao Professor Dr. Tales Alexandre Aversi-Ferreira pela orientação, pelo auxílio constante e acima de tudo pela amizade, por me mostrar o valor da ciência e por ser o grande responsável por tudo isso. À Roka, sua esposa, pela paciência a nós dispensada e receptividade durante as longas estadias na residência da família.

Ao meu pai, João Pereira e minha mãe, Fátima, pelo apoio incondicional e pelo exemplo de vida a ser seguido e à minha irmã Sarah pela solidariedade nos momentos de crise. Amo vocês.

Ao meu avô Nery (*in memoriam*) por me incentivar a seguir os passos acadêmicos.

À amiga Professora Dr^a Yandra pela amizade, pelas longas conversas *on road*, pelas intensas risadas proporcionadas, pelas palavras de conforto e pelo auxílio neste projeto.

À Professora Dr^a Anamaria Achtschin pelo apoio constante em minha vida acadêmica e profissional, pela amizade sincera e pelos valiosos conselhos.

Aos amigos do NECOP, em especial, Natácia e Guilherme pela colaboração neste projeto.

Ao amigo Maricélio pelo auxílio em Brasília.

À minha querida amiga Nathália, pelo companheirismo, amizade e pelo suporte dado, ao longo desses anos, em incontáveis momentos de dificuldades.

Aos amigos e colegas de trabalho, em especial, Janaina, Patrick, Edgar e Adriano pelo apoio durante as ausências para cursar as disciplinas.

Aos meus grandes amigos e verdadeiros irmãos, Mariella, Kamila, Mário, Franco, Renata, Pedro e Ettiene pela amizade sincera.

Ao IBAMA e CETAS-GO por ceder parte dos animais utilizados em nossas pesquisas.

Aos membros da banca examinadora, Profº Dr. Paulo Mello e Profº Dr Zenon Silva, pelas valiosas contribuições.

Aos professores da Faculdade de Ciências da Saúde, pela colaboração e pelo conhecimento compartilhado.

Aos funcionários do PGCS-UnB, em especial a Edigrês pela disposição, dedicação e profissionalismo com que me auxiliou durante o curso.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar a morfologia do cérebro de *Cebus* a fim de evidenciar os principais giros e sulcos, o grau de girencefalia, o índice de encefalização e as medidas das principais estruturas, para comparar os resultados com os dados na literatura para humanos, chimpanzés, babuínos e outros primatas não humanos. Além disso, executa-se o estudo da arquitetura do neocórtex parietal utilizando a técnica histológica de Golgi-Cox. Quatro espécimes de *Cebus libidinosus* adultos e saudáveis foram utilizados para o estudo anatômico. Todos os animais, doados pelo IBAMA-GO, foram eutanasiados por injeção letal de tiopental sódico. Os animais foram conservados em formaldeído 10% e mantidos em caixa opaca e depositados na coleção anatômica da UFG. Os cérebros foram removidos do crânio, pesados e medidos com um paquímetro e documentados com câmera digital. Para as análises histológicas, foram utilizados cérebros de animais já coletados mortos e doados ao NECOP-UFG. Os lobos parietais foram separados e processados de acordo com o protocolo da técnica de Golgi-Cox. A descrição anatômica dos giros, sulcos e outras estruturas são feitas de acordo com as descrições para humanos, chimpanzés e babuínos. Os resultados indicam que a morfologia dos sulcos e giros do cérebro de *C.l.* é mais próxima dos babuínos do que em chimpanzés e humanos. Quanto aos aspectos histológicos, foram feitas avaliações qualitativas e quantitativas. Nossos dados demonstram que o córtex parietal de *Cebus* apresenta os mesmos tipos celulares e a mesma estrutura geral deste córtex em humanos.

PALAVRAS CHAVE: anatomia; *Cebus*; cérebro; giros; sulcos; Golgi-Cox.

ABSTRACT

The purpose of this work is to study the brain of the *Cebus* genus in morphological terms, to evidence the main gyri and sulci, the gyrencephaly degree, the encephalization index and the measure of the main structures, to compare the results with literature data in humans, chimpanzees, baboons and others nonhuman primates. In addition, we performed the study of cortical architecture of the parietal lobe using the histological technique of Golgi-Cox. Four specimens of adult and healthy *Cebus libidinosus* were used. All animals, donated by IBAMA-GO, were sacrificed by lethal injection of sodium tiopental. The animals were conserved on 10% formaldehyde in closed opaque box and deposited in the anatomical collection from the Federal University of Goiás. Brains were removed from the skull, weighed and measured with a caliper and documented with digital camera. For the histological analysis, we used brains of animals collected dead, which were donated to NECOP-UFG. The parietal lobes were separated and processed according to the protocol of the technique of Golgi-Cox. The anatomical description of the gyri, sulci and other structures denomination are carried out according to descriptions from humans and other primates. In general, the results indicate that the morphology of the gyri and sulci of the *C.l.* brain is closer to baboons than to chimpanzees and humans. The cortical architecture were evaluated on qualitative and quantitative aspects, our data show that the parietal cortex of *Cebus* has the same cell types and the same general structure of the cortex in humans.

KEYWORDS: anatomy; *Cebus*; brain; gyri; sulci; Golgi-Cox.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição das espécies do gênero *Cebus* pertencentes ao subgênero *Sapajus* no Brasil, exceto *Cebus flavius* (Adaptado de Vilanova *et al.*, 2005).

Figura 2: Vista lateral do cérebro de *C.l.* mostrando os principais sulcos e os lobos. (1) Sulco longitudinal inferior; (2) Sulco vertical; (3) Sulco longitudinal superior; (4) Sulco central; (5) Fissura longitudinal do cérebro; (A) Lobo frontal; (B) Lobo temporal; (C) Lobo parietal; (D) Lobo occipital.

Figura 3: Visão súpero-lateral direita do encéfalo de *C.l.* com os principais sulcos evidenciados. (1) Sulco lunatus; (2) Sulco lateral; (3) Sulco pós-central; (4) Sulco central.

Figura 4: Vista lateral do cérebro de *C.l.* evidenciando os principais elementos anatômicos do lobo temporal. (1) Sulco lateral; (2) Sulco temporal superior; (3) Sulco temporal inferior; (A) Giro temporal superior; (B) Giro temporal inferior.

Figura 5: Visão da base do hemisfério esquerdo de *C.l.* com os principais sulcos e giros indicados. (1) Sulco lateral; (2) Sulco temporal superior; (3) Sulco temporal inferior; (4) Sulco colateral; (A) Úncus; (B) Giro para-hipocampal.

Figura 6: Visão medial do encéfalo esquerdo de *C.l.* (1) Sulco oblíquo; (2) Sulco calcarino; (3) Sulco do cíngulo; (A) Giro lingual; (B) Giro para-hipocampal; (C) Giro do cíngulo.

Figura 7: Visão medial de um hemisfério esquerdo de *C.l.* com os principais sulcos e giros indicados e o corpo caloso. (1) Sulco do corpo caloso; (2) Sulco do cíngulo; (A) Corpo caloso; (B) Giro do cíngulo.

Figura 8: Visão pósterolateral do encéfalo de *C.l.* com indicação do lobo occipital e seus sulcos. (1) Sulco oblíquo; (2) Sulco calcarino; (A) Lobo occipital.

Figure 9: Vista lateral do encéfalo de *C.l.*, com os lábios do sulco lateral afastados, para visualização do lobo da ínsula. (1) Sulco temporal superior; (2) Sulco lateral; (A) Lobo da ínsula.

Figura 10: Corte transversal do encéfalo de *C.l.*, com o lobo da ínsula indicado pelas setas.

Figura 11: Esquemas comparativos dos principais sulcos dos cérebros de *Cebus* e babuínos (esquema do encéfalo de babuíno adaptado de Swindler e Wood, 1978).

Figura 12: Esquema do encéfalo de chimpanzés com os principais sulcos evidenciados na face convexa (esquema obtido a partir da descrição de Swindler e Wood, 1978).

Figura 13: Citoarquitetura e disposição das seis camadas do neocórtex humano, em três diferentes métodos de coloração (Adaptado de Wells, 2005)

Figura 14: (A) Esquema do mapa clássico de Brodman (1909). (B) Esquema de Vogt and Vogt (1919) com visão ventral do opérculo parietal, onde CS representa o sulco central. (C, D) Esquema de von Economo and Koskinas (1925) em que C representa a visão lateral e D a visão ventral com o lobo temporal removido. (E) Esquema de Sarkissov et al. (1955) onde a área branca representa o córtex parietal inferior.

Figura 15: Fotomicrografia do neocórtex parietal de *Cebus libidinosus* indicando as camadas corticais II, III, IV, V e VI, corpos de neurônios piramidais (setas curtas), corpos de neurônios granulares (pontas de seta), células fusiformes (seta longa) e seus respectivos prolongamentos. (100X). Barra 200 µm.

Figura 16: Fotomicrografia de neocortex parietal de *Cebus libidinosus*. A seta indica um neurônio piramidal, com seu dendrito apical e demais prolongamentos. (100X). Barra 50 µm.

Figura 17: Fotomicrografia de neocortex parietal de *Cebus libidinosus*. As setas indicam neurônios granulares (100X). Barra 50 µm.

Figura 18: Fotomicrografia de área sensitiva do córtex parietal de *Cebus libidinosus* evidenciando a rede de Baillarger e vários neurônios granulares. Aumento de 100x. Barra 200 µm.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies pertencentes aos subgêneros *Sapajus* e *Cebus*.

Tabela 2 - Medidas absolutas e relativas e inclinação do sulco central.

Tabela 3 - Medidas retas e sinuosas dos principais sulcos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>C.</i>	<i>Cebus</i>
CETAS	Centro de Triagem de Animais Silvestres
CoEP	Comitê Institucional de Ética em Pesquisa
<i>C.l.</i>	<i>Cebus libidinosus</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
NECOP	Laboratório de Neurociências e Comportamento de Primatas
s.	Sulco
<i>spp</i>	espécies
UFG	Universidade Federal de Goiás

SUMÁRIO

CAPITULO 1 – Considerações Iniciais.....	13
REFERÊNCIAS.....	17
CAPITULO 2 - Estudo anatômico dos principais sulcos e giros do cérebro de <i>Cebus libidinosus</i>	19
2.1 INTRODUÇÃO.....	19
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.2.1 AMOSTRAS.....	21
2.2.2 PREPARAÇÃO DOS ANIMAIS PARA DISSECAÇÃO.....	21
2.2.3 DISSECAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO.....	21
2.3 RESULTADOS.....	22
2.4 DISCUSSÃO.....	32
2.5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
CAPÍTULO 3 - Análise da citoarquitetura cortical do lobo parietal de <i>Cebus</i> <i>libidinosus</i> usando a técnica de Golgi-Cox.....	44
3.1 INTRODUÇÃO.....	44
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3.2.1 AMOSTRAS.....	51

3.2.2 DISSECAÇÃO, PROCESSAMENTO HISTOLÓGICO E ANÁLISES.....	51
3.3 RESULTADOS.....	53
3.4 DISCUSSÃO.....	56
3.4.1 ORGANIZAÇÃO DO LOBO PARIETAL.....	56
3.4.2 <i>CEBUS</i> COMO MODELO PARA ESTUDOS ANTROPOLÓGICOS E DA SAÚDE.....	57
3.5 CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
ANEXOS.....	64

CAPÍTULO 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente os primatas neotropicais estão agrupados em cinco famílias, 19 gêneros e várias dezenas de táxons terminais. Sendo que todos os gêneros ocorrem no Brasil (SILVA JR, 2001). Esses primatas são classificados na infraordem platyrrhini (primatas no novo mundo) e apresentam biomassa relativamente inferior, comparada aos representantes do grupo que ocorrem no Velho Mundo. Dentre os platirrininos, a família Cebidae é uma das mais representativas (NAPIER e NAPIER, 1996).

O gênero *Cebus* é considerado um dos grupos taxonômicos mais confusos entre os mamíferos neotropicais. A dificuldade na identificação desses animais se deve ao complexo polimorfismo, o que faz com que a diferenciação dos caracteres diagnósticos das espécies não seja trivial (SILVA JR, 2002).

Os primatas do gênero *Cebus* são endêmicos da região neotropical, sendo amplamente distribuído pela mesma. Atualmente, são conhecidas 12 espécies, considerando *C. flavius*, espécie redescoberta recentemente no nordeste brasileiro (OLIVEIRA e LANGGUTH, 2006). O táxon em questão é dividido, com base em análise morfológica e molecular, em dois subgêneros: *Sapajus* e *Cebus*. Os primatas do subgênero *Sapajus* ocorrem exclusivamente na América do Sul e são bem distribuídos no Brasil (Figura 1). Oito espécies pertencem ao grupo *Sapajus*. Já o subgênero *Cebus* é composto por quatro espécies, que ocorrem na região amazônica e América Central (SILVA JR, 2002) (Tabela 1). Com exceção de *C. capucinus*, todas as espécies do gênero ocorrem em território brasileiro.

Tabela 1 – Espécies pertencentes aos subgêneros *Sapajus* e *Cebus* (SILVA JR, 2002).

Subgênero <i>Sapajus</i>	Subgênero <i>Cebus</i>
<i>Cebus (Sapajus) apella</i>	<i>Cebus (Cebus) albifrons</i>
<i>Cebus (Sapajus) cay</i>	<i>Cebus (Cebus) capucinus</i>
<i>Cebus (Sapajus) flavius</i>	<i>Cebus (Cebus) olivaceus</i>
<i>Cebus (Sapajus) libidinosus</i>	<i>Cebus (Cebus) kaapori</i>
<i>Cebus (Sapajus) macrocephalus</i>	
<i>Cebus (Sapajus) nigrurus</i>	
<i>Cebus (Sapajus) robustus</i>	
<i>Cebus (Sapajus) xanthosternus</i>	

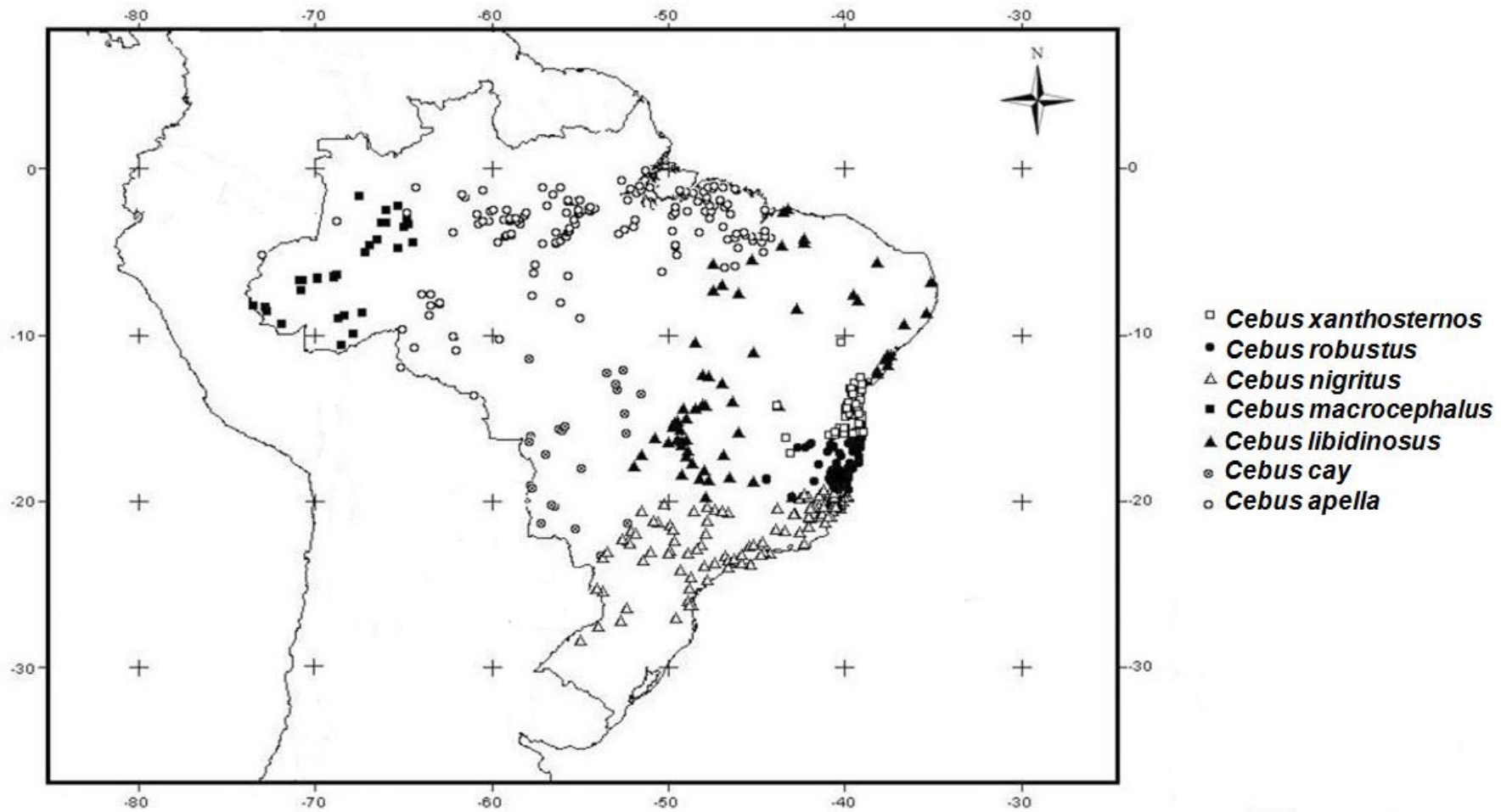


Figura 1: Distribuição das espécies do gênero *Cebus* pertencentes ao subgênero *Sapajus* no Brasil, exceto *Cebus flavius* (Adaptado de Vilanova *et al.*, 2005).

Popularmente conhecidos como macacos-prego (subgênero *Sapajus*) ou caiararas (subgênero *Cebus*), estes animais são caracterizados por hábito principalmente arborícola, pelo porte médio, por apresentarem cauda semi-preênsil e como todos os platirrinos possuem focinho curto e nariz achatado com narinas voltadas lateralmente.

Todas as espécies são onívoras, bastante generalistas e muito flexíveis com relação às exigências alimentares (FRAGASZY *et al.*, 1990), são bastante tolerantes às alterações e conversões ambientais (LUDWING *et al.*, 2006). A dieta é baseada em vegetais (principalmente frutos e flores), ovos, invertebrados e pequenos vertebrados como roedores, marsupiais, anuros, répteis, aves e morcegos (IZAWA, 1978; RESENDE *et al.*, 2003; RÍMOLI, 2001). Podem predar também, filhotes de outros primatas, conforme Sampaio e Ferrari (2005). Devido à baixa restrição quanto aos recursos alimentares, se adaptam muito bem ao consumo de alimento humano ou mesmo de fontes provenientes de culturas agrícolas (LUDWING *et al.*, 2006).

Os *Cebus spp* possuem considerável destreza manual, o que permite manipulações relativamente complexas. Tal característica possibilita que estes explorem o ambiente de maneira diferenciada, auxiliados pelo uso de ferramentas, o que permite o acesso a recursos indisponíveis ao contato direto das mãos, tais como itens subterrâneos, introduzidos em cavidades ou encapsulados (ROCHA *et al.*, 1998; PHILLIPS, 1998).

Esses animais vivem em bandos de 3 a 40 indivíduos, em uma sociedade hierarquizada, com a presença de um macho dominante (macho *alpha*) e caracterizada pela cooperação dos integrantes do grupo, incluindo proteção, catação, partilha de alimento entre outras. (OTTONI, 2009)

A espécie *Cebus libidinosus* (RYLANDS, 2000), restringe-se aos biomas Cerrado e Caatinga. A pelagem apresenta cores vermelho-ferruginosa, marrom escuro, marrom-acinzentado, amarelo-alaranjado e preto. Pesam entre 1500 a 4000g e possuem comprimento corporal de 852mm, em média, considerando a cauda. São quadrúpedes, escaladores e assumem a posição bípede eventualmente. Saltadores habilidosos podem alcançar até três metros de distância (ICMBio, 2010).

Estudos comparativos são essenciais para o desenvolvimento das ciências biológicas, em especial para a neurociência, devido principalmente pela dificuldade de procedimentos experimentais invasivos em humanos. Deste modo, a análise de estruturas animais, em especial de primatas não humanos, são fundamentais para a compreensão dos diversos elementos neurais assim como seus aspectos fisiológicos, além de proverem inferências acerca da evolução da cognição em primatas (NAKAHARA *et al.*, 2002).

Mesmo, que primatas não humanos não apresentem as funções cognitivas complexas de primatas humanos, o conhecimento de seus aspectos biológicos, são ferramentas necessárias para o completo entendimento de fatores biológicos e comportamentais em humanos. Devido aos diversos aspectos filogenéticos já conhecidos, primatas não humanos são os melhores modelos animais para vários esclarecimentos sobre aspectos médicos, principalmente os subjacentes à neurociência.

Neste contexto, a fim de colaborar com tais áreas do conhecimento biológico, este trabalho foi executado. Este gerou dois artigos, aqui apresentados na forma de capítulos. Propomos o estudo anatômico comparativo dos principais giros e sulcos do cérebro de *Cebus libidinosus* (*C.l.*), humanos, babuínos e chimpanzés e a análise da citoarquitetura cortical do lobo parietal de *C.l.*, utilizando a técnica de Golgi-Cox.

REFERÊNCIAS

Fragaszy DM, Visalberghi E, Robinson JG. Variability and adaptability in the genus *Cebus*. *Folia Primatol.* 1990; 54: 114–118.

Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio). Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Primatas Brasileiros. 2010. Acesso em: 23-03-2010. Disponível em: <http://www4.icmbio.gov.br/cpb/>.

Izawa K. Frog-eating behavior of wild black-capped capuchin (*Cebus apella*). *Primates.* 1978; 19: 633–642.

Ludwing G, Aguiar LM, Rocha VJ. Comportamento de obtenção de *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), mandioca, por *Cebus nigritus* (Goldfuss) (Primates, Cebidae) como uma adaptação alimentar em períodos de escassez. *Rev Bra Zoo.* 2006; 23(3):888-890.

Nakahara k. *et al.* Functional MRI of Macaque Monkeys Performing a Cognitive Set-Shifting Task. *Science.* 2002; 295: 1532-1536.

Napier JR, Napier PH. The natural history of the Primates. Massachusetts : The MIT press; 1996.

Oliveira MM, Langguth A. Rediscovery of McGrave's capuchin monkey and designation of a neotype for *Simia flavia* Schreber, 1774 (Primates, Cebidae). *Bol Mus Nac.* 2006. 523: 1-16.

Otoni EB. Uso de ferramentas e tradições comportamentais em macacos-prego (*Cebus* spp). [Tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2009.

Phillips KA. Tool use in wild capuchin monkeys (*Cebus albifrons trinitatis*). *Am J Primatol.* 1998; 46: 259-26.

Resende MC, Tavares MCH, Tomaz C. Ontogenetic dissociation between habit learning and recognition memory in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Neurobiol Learn Mem.* 2003; 79(1):19-24.

Rímoli J. Ecologia de um Grupo de Macacos-prego (*Cebus apella nigrinus*, Goldfuss, 1809; Primates, Cebidae) na Estação Biológica de Caratinga (MG): Implicações para a Conservação de Fragmentos de Floresta Atlântica. [Tese]. Belém: Universidade Federal do Pará. 2001.

Rocha VJ, Reis NR, Sekiama ML. Uso de ferramentas por *Cebus apella* (Linnaeus) (Primates, Cebidae) para obtenção de larvas de coleóptera que parasitam sementes de *Syagrus romanzoffianum* (Cham.) Glassm. (Arecaceae). Rev Bra Zoo. 1998; 15 (4): 945-950.

Rylands AB, Schneider H, Langguth A, Mittermeier RA, Groves CP, Rodriguez-Luna E. An assessment of the diversity of new world primates. Neotrop Primat. 2000; 8(2): 61-93.

Silva Jr. Especiação nos macacos-prego e cairaras, gênero *Cebus* Erxleben, 1777 (Primates, Cebidae). [Tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2001.

Silva, Jr. Taxonomy of capuchin monkeys, *Cebus* Erxleben, 1777. Neotrop Primat. 2002; 10(1).

Sampaio, DT, Ferrari, SF. Predation of an infant titi monkey (*Callicebus moloch*) by tufted capuchins (*Cebus apella*). Folia Primatol. 2005; 76:113–115.

Vilanova R, Silva Jr, Grelle CEV, Marroig, G. Limites climáticos e vegetacionais das distribuições de *Cebus nigrinus* e *Cebus robustus* (Cebinae, Platyrrhini). Neotrop Primat. 2005; 13(1).

CAPÍTULO 2 ESTUDO ANATÔMICO DOS PRINCIPAIS SULCOS E GIROS DO CÉREBRO DE *Cebus libidinosus*.

TRABALHO PUBLICADO EM: Neurobiologia. 2010; 73(2): 65-78. (Anexo A)

2. 1 INTRODUÇÃO

As Ciências biológicas têm como um de seus pilares o conhecimento morfológico. A anatomia macroscópica serve como ferramenta de importância relevante para a descrição de uma espécie e/ou para comparação entre espécies que apresentem semelhanças morfológicas (AVERSI-FERREIRA *et al.*, 2005).

O *Cebus libidinosus* (*C.l.*) (Rylands, 2000) compõe o gênero com a maior distribuição geográfica entre os primatas neotropicais, tem sido observados desde a Colômbia e Venezuela até o norte da Argentina (LOPES, 2004); habitam florestas tropicais, subtropicais e de galeria, assim como as regiões savânicas e semi-áridas do Brasil. Muito habilidosos, exibem uma imensa capacidade de manipulação de ferramentas para obtenção de alimento e diversão, sendo tais atividades observadas tanto no cativeiro quanto em vida livre (BRESEIDA e OTTONI, 2001; RESENDE e OTTONI, 2002; WAGA *et al.*, 2006).

Inúmeros estudos com *C.l.* tem sido realizados em morfologia (AVERSI-FERREIRA *et al.*, 2007; AVERSI-FERREIRA *et al.*, 2009; FERREIRA e PRADA, 2001; MARIN *et al.*, 2009; NETO e FERREIRA, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2000; SANTINI, 1983; SILVA e FERREIRA, 2002a; SILVA e FERREIRA, 2002b), fisiologia cortical (LIMA *et al.*, 2003), comportamento e uso de ferramentas (ANTINUCCI e VISALBERGHI, 1986; AURICCHIO, 1995; BRESEIDA e OTTONI, 2001; COSTELLO e FRAGASZI, 1988; GARBER, 1987; LOPES, 2004; RESENDE e OTTONI, 2002; WAGA *et al.*, 2006; WESTERGAARD e FRAGASZI, 1987), índice de encefalização (PAIVA, 1998) e memória (TAVARES e TOMAZ, 2002). A alta capacidade cognitiva e os aspectos biológicos de *C.l.* os tornam similares aos primatas do Velho Mundo com relação ao uso de ferramentas (CHEVALIER-SKOLNIKOFF, 1989; MENDES *et al.*, 2000; OTTONI *et al.*, 2001; WAGA *et al.*, 2006) e capacidade de organização social baseada na transmissão de informações e aprendizado (RESENDE *et al.*, 2003).

As análises comportamentais dos primatas modernos, associadas com os troncos filogenéticos derivados do cladismo, geraram importante conhecimento acerca da história recente da evolução cognitiva humana (BYRNE, 2000), associada principalmente aos primatas não-humanos do Velho-Mundo. Segundo Resende *et al.* (2003), *Cebus*, humanos e primatas do Velho Mundo, tem o mesmo substrato neural básico para memória e aprendizado, indicando uma convergência no desenvolvimento destas espécies a longo prazo.

Estudos recentes (LIU e PHILIPS, 2009) associaram a assimetria da fissura de Silvius (sulco lateral) do cérebro de *Cebus* usando imagem de ressonância magnética, e conexões microscópicas do córtex pré-arqueado (LEICHNETZ e GONZALO-RUIZ, 1996), e descrições morfológicas gerais do cérebro, tronco cerebral e cerebelo, foram realizadas (WATANABE e MADEIRA, 1982; WATANABE, 1982). Entretanto, Oliveira e colaboradores (2007) estudaram o cerebelo de *Cebus* e encontraram diferenças em relação às descrições de Watanabe (1982). Além disso, Marques e colaboradores (2005) conduziram um estudo sobre a morfologia do tronco cerebral em *Cebus* e também encontraram diferenças em relação aos dados de Watanabe e Madeira (1982), e salientaram a necessidade de mais estudos sobre o mesmo tema.

Contudo, nenhum estudo aprofundado sobre cérebro de *C.l.* foi realizado até o momento, considerando dados sobre girencefalia e sulcos, seu comprimento relativo e níveis de curvatura, que são aspectos importantes para a caracterização da complexidade das espécies (TESTUT e LATARJET, 1979).

O conhecimento da estrutura macroscópica interna de *C.l.* fornece dados para estudos histológicos e bioquímicos e contribuem para estudos etológicos e conseqüentemente para preservação da espécie (WATANABE e MADEIRA, 1982; BARROS, 2003).

Adicionalmente, a descrição do cérebro de *Cebus* visa oferecer suporte para estudos fisiológicos e da arquitetura cortical e também para verificar se os sulcos e giros são similares aos chimpanzés e/ou humanos ou babuínos.

Neste contexto, a proposta deste, é estudar o cérebro de *Cebus* em termos morfológicos evidenciando os principais sulcos e giros, o grau de girencefalia, o índice de encefalização e as medidas das principais estruturas.

2. 2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 AMOSTRAS

Foram utilizados quatro espécimes adultos (1 a 3 kg) e saudáveis de *Cebus libidinosus*, sendo três machos e uma fêmea. Os animais foram doados pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA-GO), e depositados na coleção anatômica da Universidade Federal de Goiás. Este trabalho foi previamente aprovado pelo Comitê Institucional de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CoEP-UFG 81/2008, autorização do IBAMA No. 15275) (Anexo B).

2.2.2 PREPARAÇÃO DOS ANIMAIS PARA DISSECAÇÃO

Todos os animais foram pesados e eutanasiados com injeção de dose letal de tiopental sódico (50mg/Kg), em seguida procedeu-se a perfusão via aorta abdominal com latex 601-A (Dupot) corado com pigmentação vermelha diluída em hidróxido de amônia, a fim de facilitar a visualização de vasos sanguíneos. Posteriormente, receberam perfusão pela veia femoral, de solução de formaldeído a 10% com glicerina a 5% para fixação dos tecidos. Os animais foram conservados em solução de formaldeído a 10% em cubas opacas cobertas.

2.2.3 DISSECAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO

Os encéfalos foram cuidadosamente removidos do crânio, pesados e medidos com paquímetro e documentados com câmera digital (9.1 megapixels). As denominações dos giros, sulcos e outras estruturas foram baseados nas descrições disponíveis para humanos e outros primatas (SWINDLER e WOOD, 1973). Foram realizadas as medidas dos principais sulcos em linha reta e considerando as sinuosidades, para verificar o grau de curvatura. Os encéfalos foram medidos nos

eixos longitudinal e transversal e comparados com a literatura (Tabela 2 e Tabela 3). Foram descritos o grau de girencefalia dos lobos e principais sulcos. O índice de encefalização foi obtido pela seguinte relação: $[\text{peso cerebral} / \text{peso corporal}] \times 100$. Realizaram-se análises estatísticas de frequência para a presença de estruturas e medidas de tendência central (média e desvio padrão) para as medidas do cérebro.

2.3 RESULTADOS

As análises anatômicas da face convexa do cérebro de *C.l.* permitiram verificar que o lobo frontal é predominantemente lisencéfalo, o lobo occipital e a ínsula são lisencéfalos e os lobos parietal e temporal são girencéfalos (ver Figura 2 e Figura 3).

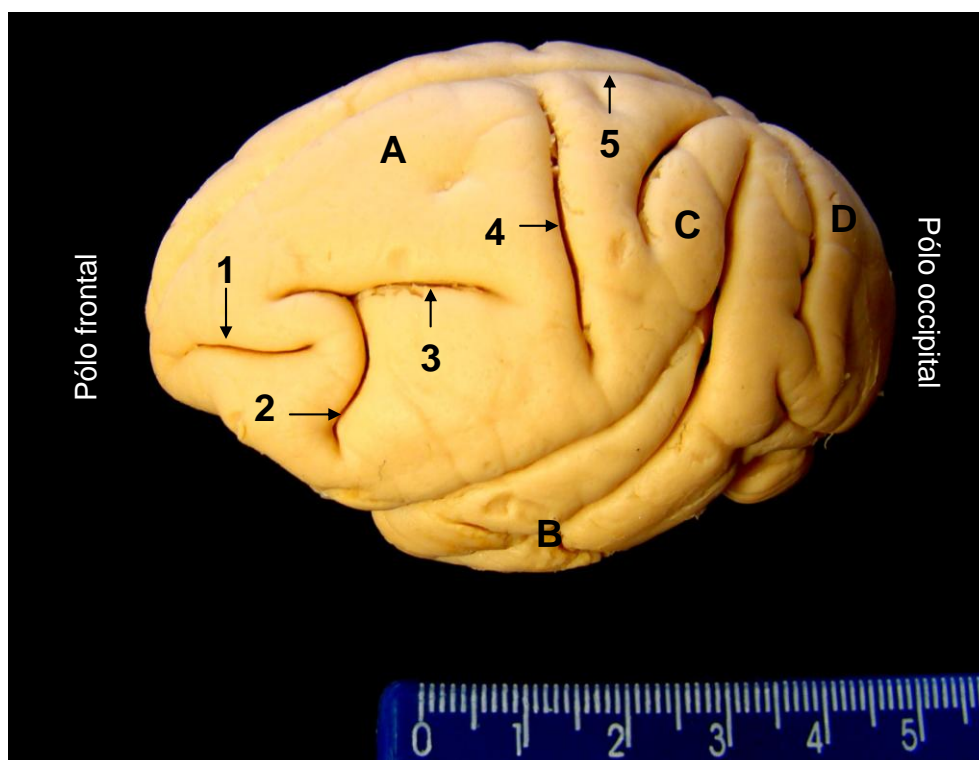


Figura 2: Vista lateral do cérebro de *C.l.* mostrando os principais sulcos e os lobos. (1) Sulco longitudinal inferior; (2) Sulco vertical; (3) Sulco longitudinal superior; (4) Sulco central; (5) Fissura longitudinal do cérebro; (A) Lobo frontal; (B) Lobo temporal; (C) Lobo parietal; (D) Lobo occipital.

O lobo frontal é limitado em sua porção inferior pelo sulco lateral e em sua porção posterior pelo sulco central. Este é o maior dos lobos em *Cebus*, com três sulcos, sendo dois sulcos longitudinais, um superior e outro inferior, mas ambos

localizados na metade inferior do lobo, e por fim um sulco vertical. Estes sulcos são quase retilíneos, com poucas curvas, mas profundos (Figura 2 e Figura 3).

O sulco longitudinal superior é caudal em relação ao sulco longitudinal inferior, que é rostral. Há ainda, um pequeno sulco vertical situado na porção média do lobo, formando um ângulo de 90° com o sulco longitudinal superior do qual emerge, por volta de seu ponto médio. O sulco vertical, único no lobo frontal é posterior ao sulco longitudinal inferior e esse último se localiza aproximadamente na linha média relativa ao sulco vertical. Como o lobo frontal não possui um sulco pré-central, o giro pré-central não está delimitado em *Cebus* (Figura 2).

O lobo frontal está separado do lobo parietal pelo sulco central (Figura 2), que se inicia na face convexa do encéfalo e ao contrário de humanos, é praticamente vertical, com curvaturas suaves. Não se encontra com o sulco lateral na porção inferior; sua inclinação vertical é de $-0,24$, medida que foi realizada pela diferença entre a média das distâncias entre a extremidade superior do sulco central em relação às extremidades do anterior e posterior do encéfalo, e a média das medidas da extremidade inferior do sulco central em relação às extremidades do encéfalo. As medidas absolutas desses valores foram divididas pela medida do comprimento do encéfalo para se determinar o tamanho relativo das distâncias comparativamente ao homem (Tabela 2).

O grau de sinuosidade foi determinado pela razão entre a média das medidas retas no eixo vertical do sulco com a média das medidas sinuosas, e para o *Cebus* esse valor foi 0,97, muito próximo da unidade, indicando um sulco pouco sinuoso.

No lobo parietal (Figura 3) são evidentes os sulcos parieto-occipital (sulco lunatus ou simiesco) presente em 100% dos encéfalos, que separa o lobo parietal do occipital, tanto nas faces convexa quanto medial, e o sulco pós-central que é o limite caudal do giro pós-central, presente em 100% dos encéfalos, limitado na porção rostral pelo sulco central.

O sulco lunatus é relativamente retilíneo, apresentando sinuosidades pouco marcadas. Origina-se na face medial do encéfalo e segue na borda superior do hemisfério cerebral, a partir da fissura longitudinal. Descreve trajeto perpendicular

ao eixo crânio-caudal do encéfalo e paralelo ao sulco central, em direção a face inferior. Termina em uma extremidade livre, na altura do terço inferior do lobo occipital, em média, a 0,9mm da borda inferior, da face convexa do encéfalo.

O sulco lateral (Figura 3) separa os lobos temporal do parietal, inicia-se na porção anterior, segue no sentido dorsal e levemente cranial até o nível do sulco central, a partir de onde se observa um forte inflexão no sentido superior, tornando-se oblíquo no lobo parietal e termina na face superior, quarto superior, do lobo parietal.

A porção caudal do sulco lateral é superior, atinge o lobo parietal e o divide em duas partes, uma porção rostral maior e uma porção caudal menor. A porção caudal inferior do lobo parietal é contínua com o lobo temporal.

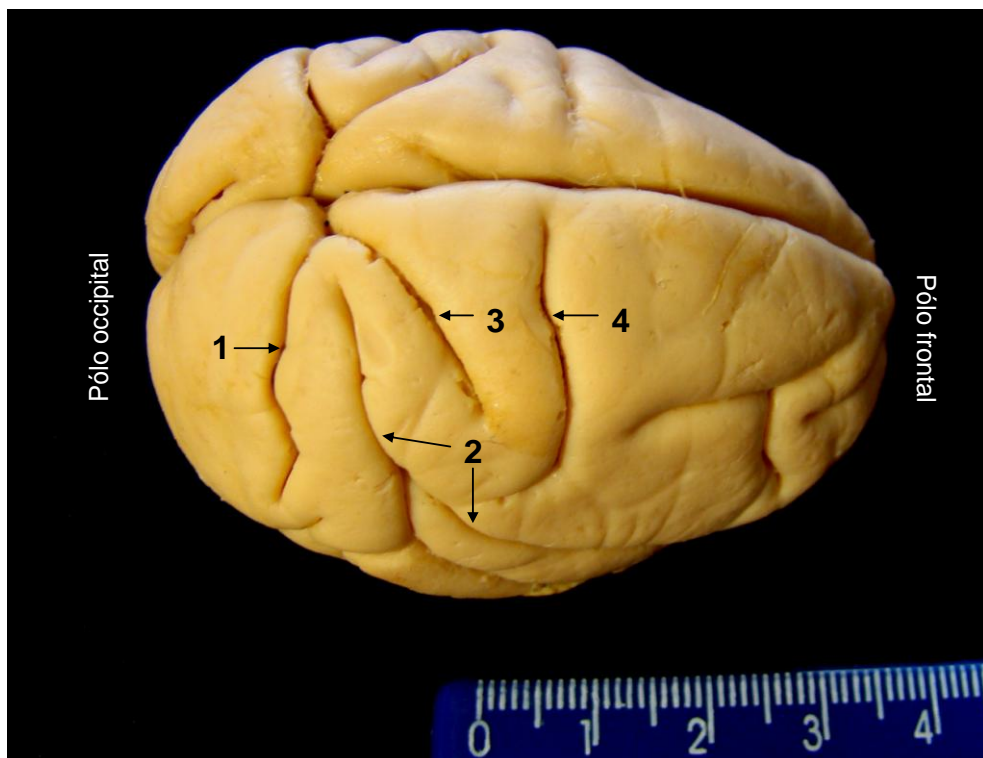


Figura 3: Visão súpero-lateral direita do encéfalo de C.I. com os principais sulcos evidenciados. (1) Sulco lunatus; (2) Sulco lateral; (3) Sulco pós-central; (4) Sulco central.

O lobo temporal apresenta um sulco proeminente, superior e um sulco inferior curto, restrito à porção rostral do lobo. O sulco temporal superior inicia-se a alguns milímetros do pólo temporal e descreve um trajeto oblíquo-ascendente

posteriormente. Encontra-se com o sulco lateral, no terço posterior deste, continuando assim, seu trajeto no lobo parietal, onde é contornado pelo giro supramarginal.

É possível delimitar o giro temporal superior, delimitado na porção superior pelo sulco lateral e na porção inferior pelo sulco temporal superior. Este giro é pouco sinuoso, e se estende sem interrupção desde o pólo temporal até o início do terço distal do sulco lateral. Apresenta formato piriforme, sendo seu ápice, delimitado pelo encontro do sulco temporal superior com o sulco lateral (Figura 4).

Um pequeno sulco temporal inferior não tem comprimento suficiente para delimitar um giro, então, pode-se considerar que há um giro temporal inferior (Figura 4) delimitado na porção superior pelo sulco temporal superior e na parte inferior do encéfalo, é delimitado por um sulco colateral que é o limite lateral do giro parahipocampal, na porção anterior desse lobo. Observa-se, medialmente ao giro parahipocampal, porção anterior, o úncus.

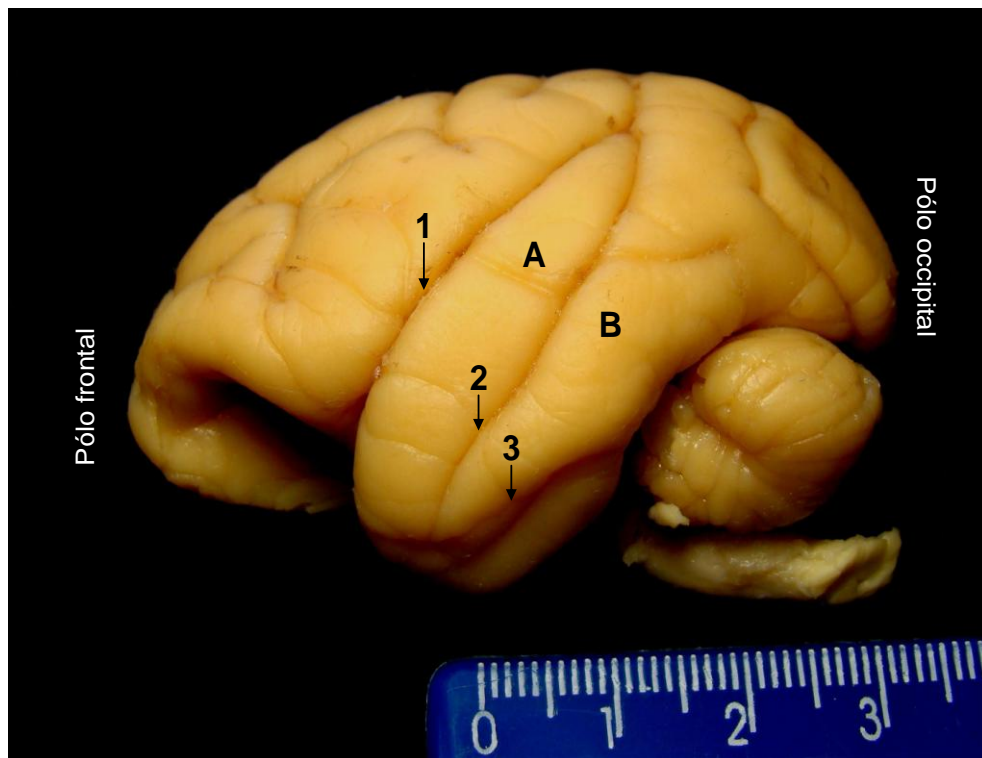


Figura 4: Vista lateral do cérebro de *C.l.* evidenciando os principais elementos anatômicos do lobo temporal. (1) Sulco lateral; (2) Sulco temporal superior; (3) Sulco temporal inferior; (A) Giro temporal superior; (B) Giro temporal inferior.

Na face inferior do encéfalo, no lobo temporal (Figura 5 e Figura 6), é possível verificar a existência do giro do cíngulo e lingual, além do sulco calcarino.



Figura 5: Visão da base do hemisfério esquerdo de *C.I.* com os principais sulcos e giros indicados. (1) Sulco lateral; (2) Sulco temporal superior; (3) Sulco temporal inferior; (4) Sulco colateral; (A) Úncus; (B) Giro para-hipocampal.

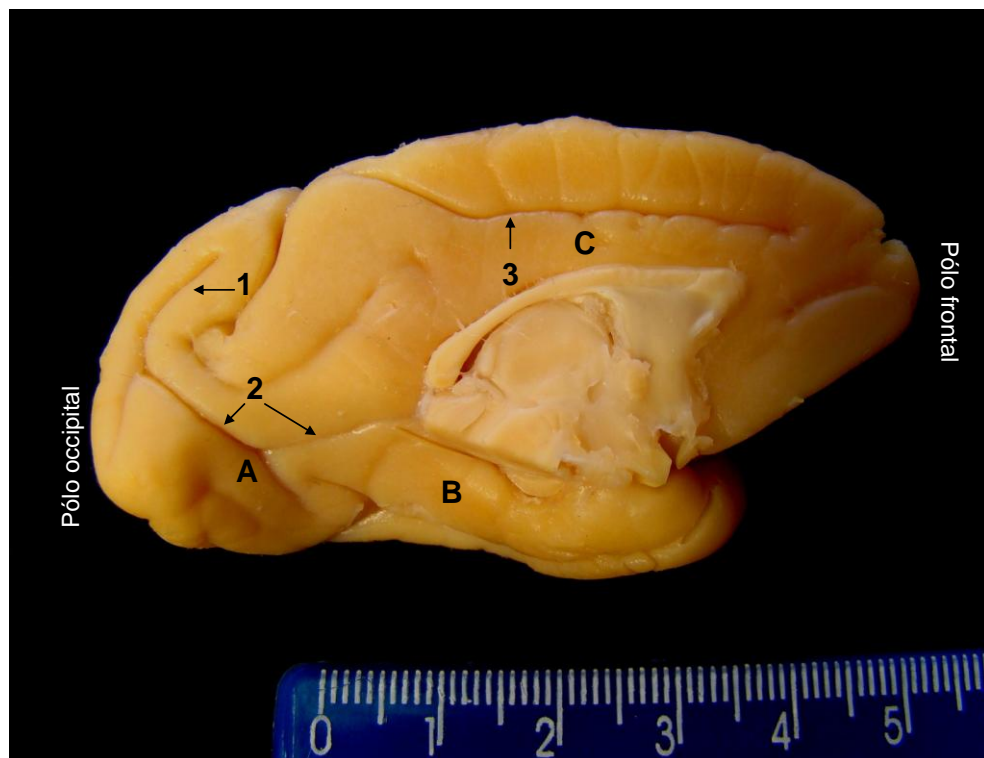


Figura 6: Visão medial do encéfalo esquerdo de *C.I.* (1) Sulco oblíquo; (2) Sulco calcarino; (3) Sulco do cíngulo; (A) Giro lingual; (B) Giro para-hipocampal; (C) Giro do cíngulo.

O sulco calcarino delimita (em sua porção rostral) (Figura 6) latero-inferiormente o giro para-hipocampal e em sua porção posterior, o giro lingual localizado inferiormente a este sulco. O sulco do cíngulo (Figura 7) é evidente na face medial do encéfalo e termina com um ramo ascendente no nível do giro pós-central, esse sulco delimita superiormente o giro do cíngulo, que é limitado inferiormente pelo sulco do corpo caloso (Figura 6).

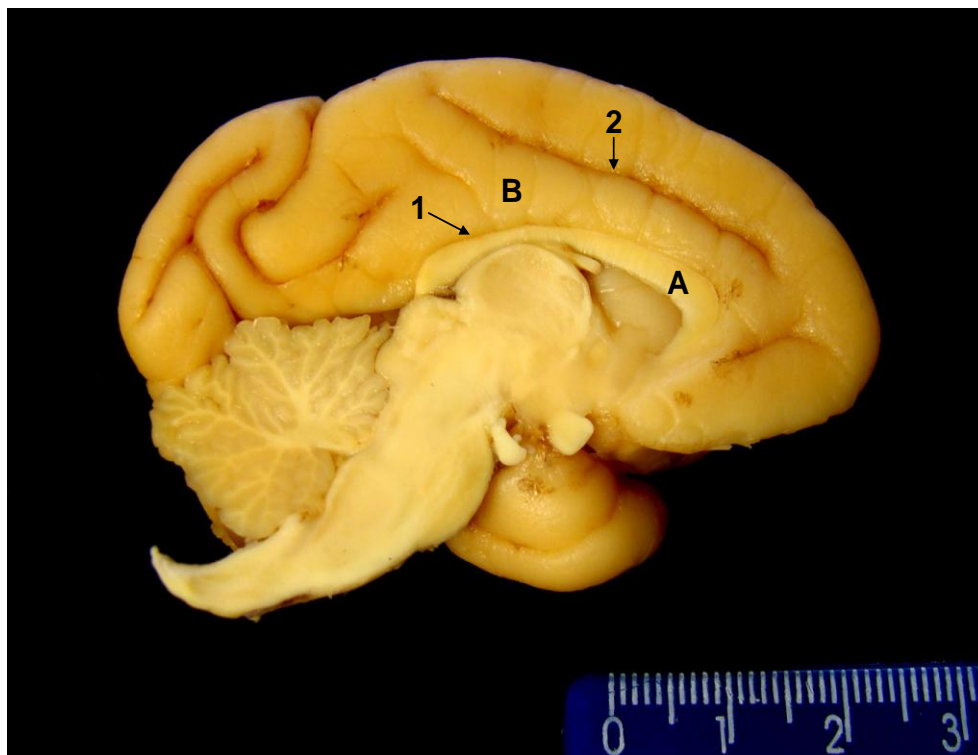


Figura 7: Visão medial de um hemisfério esquerdo de *C.I.* com os principais sulcos e giros indicados e o corpo caloso. (1) Sulco do corpo caloso; (2) Sulco do cíngulo; (A) Corpo caloso; (B) Giro do cíngulo.

O lobo occipital (Figura 6 e Figura 8) encontra-se no extremo caudal do encéfalo. É bem delimitado anteriormente, em seus dois terços superiores, pelo sulco lunatus e em seu terço inferior pela incisura pré-occipital. É lisencéfalo na porção convexa e apresenta um sulco oblíquo profundo em sua face medial, que parece ser formado por uma dobra de tecido neural. O sulco calcarino, em *C.I.*, continua até a porção média superior do lobo occipital se comunica com o sulco oblíquo em sua parte média.

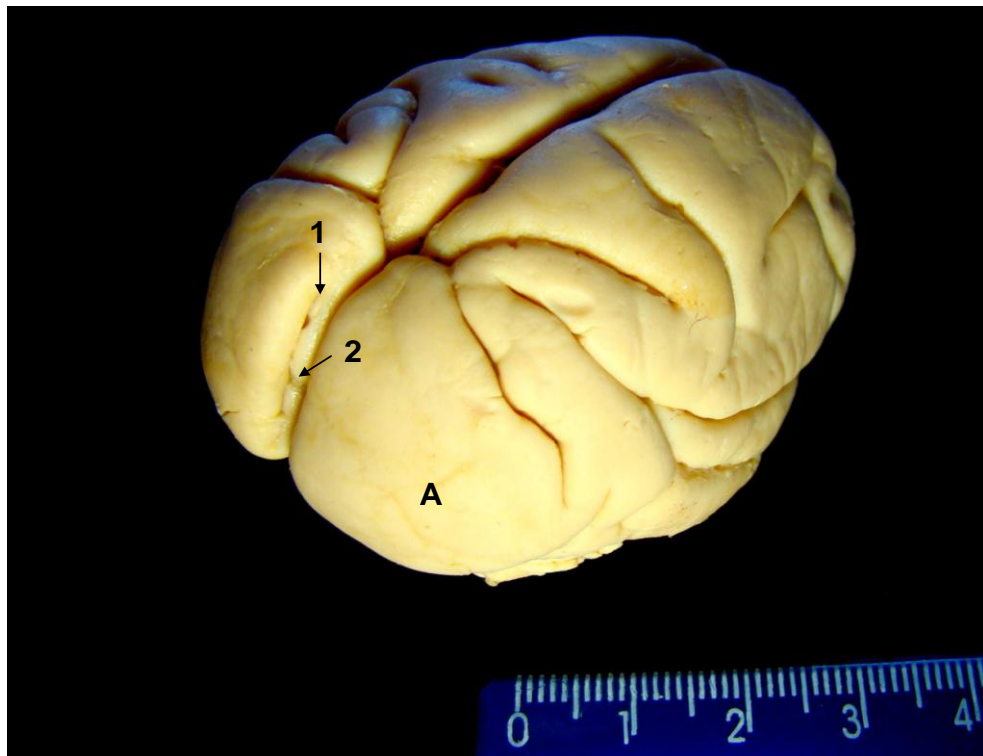


Figura 8: Visão pósterolateral do encéfalo de C.I. com indicação do lobo occipital e seus sulcos. (1) Sulco oblíquo; (2) Sulco calcarino; (A) Lobo occipital.

O lobo da ínsula (Figura 9 e Figura 10) é liso e formado por apenas um giro longitudinal que pode ser observado no afastamento das bordas superior e inferior do sulco lateral.

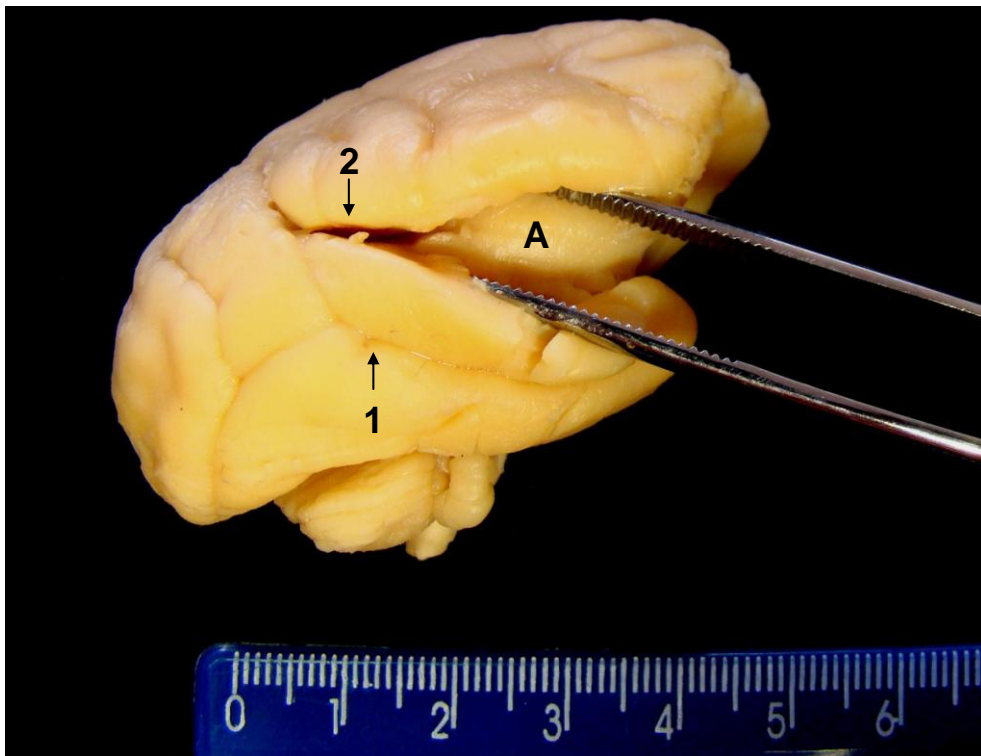


Figura 9: Vista lateral do encéfalo de *C.l.*, com os lábios do sulco lateral afastados, para visualização do lobo da ínsula. (1) Sulco temporal superior; (2) Sulco lateral; (A) Lobo da ínsula.



Figura 10: Corte transversal do encéfalo de *C.l.*, com o lobo da ínsula indicado pelas setas.

As medidas dos sulcos foram efetuadas em termos absolutos e relativos, para que a comparação entre *Cebus* e homem pudesse ser realizada em termos de tamanho e inclinação dos principais sulcos (Tabela 2 e Tabela 3).

O cálculo do índice de encefalização indicou o valor de 2.12 ± 0.31 para os *Cebus*.

Tabela 2 - Medidas absolutas e relativas e inclinação do sulco central.

Medidas das extremidades do sulco central		Médias das medidas absolutas (cm)		Médias das medidas relativas (cm)	
		<i>Cebus</i>	Humano*	<i>Cebus</i>	Humano*
Extremidade superior	ao extremo anterior	3,06	11,10	0,48	0,69
	ao extremo posterior	3,30	4,90	0,52	0,30
Extremidade inferior	ao extremo anterior	3,20	7,10	0,50	0,44
	ao extremo posterior	3,20	8,90	0,50	0,56
Distancia em projeção horizontal (inclinação)		[(3,20-3,30) - (3,20 - 3,06)] = - 0,24		[(8,90 - 4,90) - (7,10 - 11,10)] = 8,00	

* dados obtidos de Testut e Latarjet (1979).

Tabela 3 - Medidas retas e sinuosas dos principais sulcos.

Elementos anatomicos	Medidas retas (cm)[1]				Medidas sinuosas (cm) [2]				[1]/[2]	
	HD		HE		HD		HE		<i>Cebus</i>	Humano*
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP		
Sulco lateral	3,5	±0,3	3,6	±0,3	4,6	±0,2	4,7	±0,2	0,76	
Sulco central	2,2	±0,3	2,2	±0,2	2,2	±0,4	2,3	±0,1	0,97	(9/11,8)=0,76
Sulco parieto-occipital	2,0	±0,2	2,3	±0,4	2,6	±0,2	2,3	±0,6	0,87	

HD = hemisfério direito; HE = hemisfério esquerdo

M = média; DP = desvio padrão

* dados obtidos de Testut e Latarjet (1979).

2. 4 DISCUSSÃO

A lisencefalia da face convexa do lobo occipital e da ínsula, os poucos sulcos e giros do lobo frontal do *C. l.* não apresentam similaridade com babuíno, chimpanzé ou homem, segundo as descrições de Swindler e Wood (1973). No entanto, as faces convexas dos lobos parietal e temporal, são similares às descrições para o babuíno (Figura 11), com poucos sulcos e giros, mas bem delimitados. Em comparação com o sagüi e homem, Watanabe e Madeira (1982) concluem que o encéfalo de *Cebus* é mais próximo de humano que de sagüi, por considerar que o sagüi possui encéfalo lisencéfalo, enquanto os *Cebus* apresentam os principais sulcos que delimitam os principais lobos.

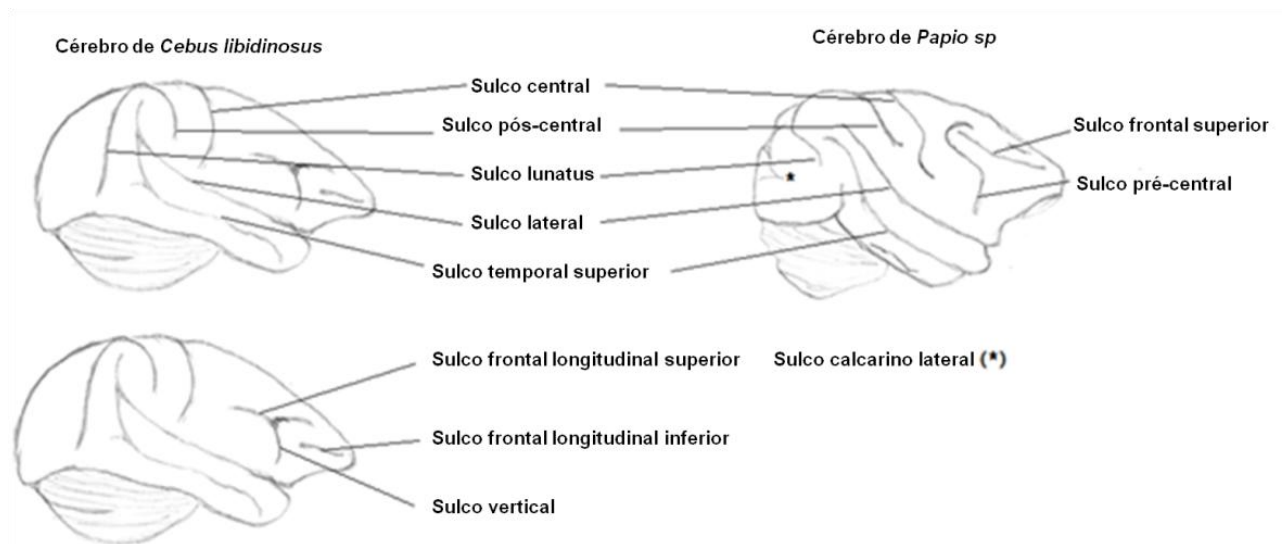


Figura 11: Esquemas comparativos dos principais sulcos dos cérebros de *Cebus* e babuíno (esquema do encéfalo de babuíno adaptado de Swindler e Wood, 1978).

O sulco central é bem desenvolvido em babuíno, chimpanzés e humanos, o mesmo pode ser dito sobre *C. l.*, no entanto, ele é mais inclinado e sinuoso em humanos, chimpanzés e babuíno, decrescentemente nessa ordem (Figura 12).

Em relação ao grau de sinuosidade, *C. l.* apresentou grau 0,97, enquanto que em humanos, segundo os dados obtidos de Testut e Latarjet (1979) foi calculado o valor de 0,76. A inclinação do sulco central em *C. l.* foi de -0,24, enquanto que em humanos foi de 8,0. Juntos, esses dados indicam que o sulco central em *C. l.*

apresenta inclinação com a extremidade superior pouco à frente da inferior, enquanto que em humanos a extremidade superior é posterior à extremidade inferior, o que é também observado, mas não medido, em babuínos e chimpanzés, segundo os dados de Swindler e Wood (1958).

As medidas relativas das extremidades do sulco central em relação às extremidades anterior e posterior do cérebro demonstram que o sulco central está situado na porção média dos hemisférios cerebrais em *C. l.*, enquanto que os valores em humanos indicam que o sulco central é relativamente posterior, dados que indicam que, proporcionalmente, o lobo frontal humano é maior que o de *Cebus*. O lobo frontal, mais especificamente a área pré-frontal, foi a última parte dos hemisférios cerebrais a ser formada, aumenta proporcionalmente na escala evolutiva, alcançando o máximo desenvolvimento nos primatas, e ocupa até um quarto da massa cerebral no homem (LURIA, 1973). O tamanho proporcionalmente maior deste lobo no homem é devido a complexa capacidade cognitiva alcançada nessa espécie além da alta complexidade das funções motoras desse, fatores justificados, também, pelas grandes extensões ocupadas pelas áreas de associação secundária e terciária no lobo frontal (áreas pré-motora e pré-frontal, respectivamente)

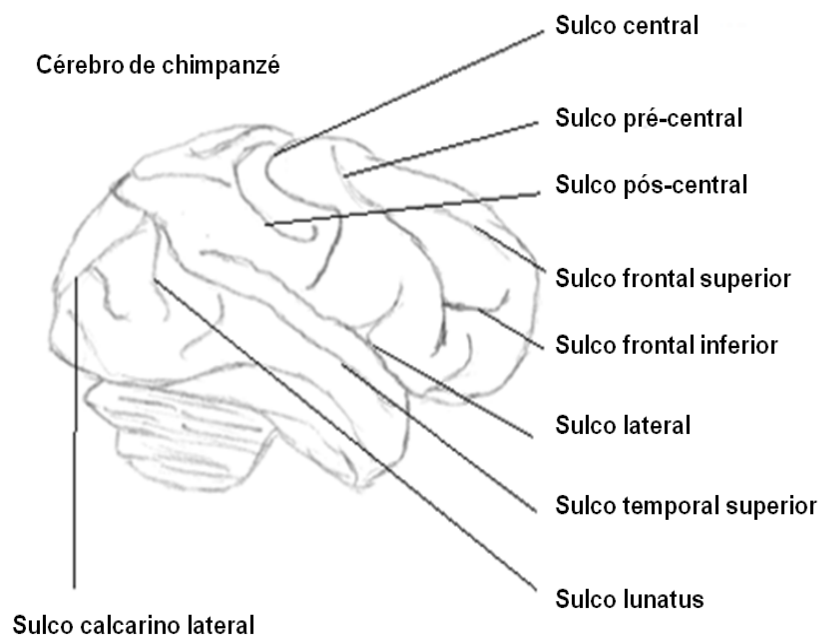


Figura 12: Esquema do encéfalo de chimpanzés com os principais sulcos evidenciados na face convexa (esquema obtido a partir da descrição de Swindler e Wood, 1978).

Watanabe e Madeira (1982) consideram a existência dos sulcos frontais superior e inferior no lobo frontal de *Cebus*, mas neste trabalho não foram assim considerados, uma vez que os sulcos, aqui chamados de longitudinais superior e inferior, não delimitam precisamente giros no lobo frontal e são tão bem marcados quanto o sulco vertical, que não é relatado existir nos primatas, segundo a literatura consultada (SWINDLER e WOOD, 1978).

No entanto, os dados de Swindler e Wood (1978) mostram que o sulco vertical pode ser uma continuação do sulco frontal inferior, ao menos em babuínos. O sulco vertical no lobo frontal de humanos, chimpanzés e babuínos, é o sulco pré-central, mas essa consideração é inoportuna em *Cebus*, pois o sulco vertical está situado em posição muito anterior, relativamente.

O sulco parieto-occipital (sulco lunatus ou simiesco) separa o lobo parietal do occipital, tanto nas faces convexa quanto medial, em *C.l.*, babuínos e chimpanzés (SWINDLER e WOOD, 1978), mas em humanos ocorre somente na face medial e encontra-se com o sulco calcarino. Na face medial do homem, na maioria dos casos, este aparece apenas como uma pequena marca: a incisura parieto-occipital (MACHADO, 1999; GRAY, 2000).

O sulco pós-central é relatado para todas as espécies comparadas neste estudo. É relativamente curto em babuínos e *C.l.* e mais extenso em humanos e chimpanzés (SWINDLER e WOOD, 1978).

O sulco lateral em *C.l.* também apresenta descrição mais próxima àquela de Swindler e Wood (1978) para os babuínos, pelos aspectos da inclinação de sua porção posterior, por não se unir ao sulco central e por dividir o lobo parietal em metades anterior e posterior. Em chimpanzés e humanos ele é mais curto e o sulco central freqüentemente o encontra (TESTUT e LATARJET, 1979).

Segundo Sontag (1924) o sulco lateral somente é completo em humanos, e sua abertura lateral evidencia a ínsula. Fato observado em *Cebus*, e descrito para

babuínos e chimpanzés (SWINDLER e WOOD, 1978), mas, em *C.I.*, a ínsula apresenta superfície lisa, dado em acordo com a descrição de Watanabe e Madeira (1982).

Em babuínos, a fissura lateral não encontra o sulco temporal superior, nem em chimpanzés e humanos (TESTUT e LATARJET, 1979; GRAY, 2000), mas em *Cebus* ela se encontra com esse sulco. Em *C.I.*, o sulco lateral apresenta o maior grau de sinuosidade dos sulcos analisados (0,78), no entanto, não apresenta separação em ramos como em humanos.

O lobo temporal em *C.I.* e babuínos são semelhantes, principalmente pela presença de um curto e reto sulco temporal inferior, possui sulcos e giros bem delimitados em ambos e, em relação aos outros lobos, tem morfologia mais próxima a de chimpanzés e humanos.

Na face inferior do encéfalo, no lobo temporal, é possível verificar a existência do giro do cíngulo e giro lingual, além do sulco calcarino que continua até o lobo occipital e encontra o sulco oblíquo. O sulco oblíquo, apesar de estar esquematizado para babuínos e chimpanzés, não é descrito por Swindler e Wood (1978), ou com outro nome em *Cebus* por Watanabe e Madeira (1978).

O sulco calcarino lateral é descrito em babuínos e chimpanzés, raramente encontrado em humanos, e não foi observado em *Cebus*, pois sua presença é verificada na face convexa do lobo occipital daqueles primatas e, no qual, em *C.I.* é lisa.

A ausência do sulco calcarino lateral e lunatus em humanos é referida como consequência do deslocamento dos lobos parietal e occipital pelo aumento da área visual (SWINDLER e WOOD, 1978).

O sulco calcarino, o sulco do cíngulo, o sulco do corpo caloso e o giro lingual apresentam aspectos idênticos aos babuínos, sendo similar às descrições para chimpanzés e humanos (SWINDLER e WOOD, 1978), no entanto, esses sulcos são mais curtos em *C.I.* do que nos outros primatas. O sulco do cíngulo é menor, proporcionalmente, que nos outros primatas estudados e não termina contornando o

giro do cíngulo na porção posterior, mas em um ramo ascendente. Em babuínos, esse giro também é curto, mas não apresenta o ramo ascendente, e em chimpanzés e humanos, o sulco do cíngulo termina em posição póstero-inferior (TESTUT e LATARJET, 1979; SWINDLER e WOOD, 1978; MACHADO, 1999; GRAY, 2000).

As medidas realizadas dos sulcos em *C.l.* permitem uma comparação relativa ao tamanho desses sulcos com os sulcos de outras espécies, o que permite uma análise mais objetiva para a comparação. Na literatura, apenas os dados realizados em humanos foram encontrados em Testut e Latarjet (1979), possibilitando a comparação entre *C.l.* e humanos nesse aspecto. Os dados calculados para *C.l.* estão em acordo com as considerações de Swindler e Wood (1978), que citam que há um aumento da complexidade dos sulcos e giros desde os prosímios até os grandes macacos e destes para o homem, inclusive indicando a existência de um lobo frontal bem maior em humanos, devido às medidas de distância do sulco central em relação às extremidades do encéfalo.

Diferentemente de outros grupos animais, os primatas são caracterizados pelo maior tamanho do cérebro, pelo aprimoramento de habilidades manipulativas e cognitivas e incremento de comportamento social complexo. Estas peculiaridades influenciam a maneira na qual os indivíduos codificam e usam a informação na tomada de decisões e evoluíram, principalmente, com a associação de alterações no sistema visual e expansão do córtex cerebral (MARTIN, 1990).

Ao compararem a relação entre os tamanhos do córtex frontal e córtex total em carnívoros, primatas não humanos e humanos, Bush e Allman (2004) não encontraram diferenças significativas entre o segundo e o terceiro grupo, de modo coerente a isso, Hill (1970) cita que os hemisférios cerebrais do babuíno são grandes e o encéfalo rivaliza em massa, proporcionalmente, com humanos. Para Paiva (1998), os *Cebus* possuem maior índice de encefalização do que gorilas e orangotangos, primatas do velho mundo, mas idêntico aos chimpanzés.

O fenômeno de encefalização pode ser mensurado objetivamente por meio do chamado "coeficiente ou índice de encefalização", que é calculado pela razão entre o peso do cérebro e o peso corporal. Isto equivale, a calcular para quaisquer dois indivíduos, qual o valor do peso que o cérebro teria se os seus pesos corporais

fossem idênticos (AREIA, 1995). Os dados deste estudo demonstram a afirmação de que a explicação para as habilidades cognitivas são qualitativas, pois o grau de encefalização do *C.l.*, citados na literatura sobre seu comportamento, o colocam próximos aos chimpanzés. No entanto, o cérebro de *Cebus*, mesmo que menos girencéfalo, em termos descritivos anatômicos, está mais próximo ao dos babuínos, primatas estes com pouca habilidade cognitiva.

O aumento do tamanho corporal, na escala evolutiva, é acompanhado por aumento exponencial menor do que o aumento do cérebro, na ordem de um expoente de 0.6-0.8. Neste estudo, os dados indicam um coeficiente de encefalização de 2.12 ± 0.31 para *C.l.*, enquanto Roth e Dicke (2005) indicam um valor entre 2.4-4.8 para *Cebus* e 2.2-2.4 para chimpanzés. A diferença dos dados para *Cebus* se deve provavelmente ao fato do gênero compreender muitas espécies (FRAGASZY, VISALBERGHI e FEEDIGAN, 2004) sendo algumas delas confundidas pelos pesquisadores (RYLANDS, 2000).

Fragaszy e colaboradores (2004) consideraram que as diferenças entre o índice de encefalização na literatura é devido ao fato de não ter ocorrido seleção adequada dos maiores machos de cada espécie, mas Testut e Latarjet (1979) indicam que as diferenças em uma mesma espécie é devido as diferenças de massa corporal. Em outras palavras, massa corporal maior, indica massa cerebral maior com poucas circunvoluções, e reciprocamente, pequena massa corporal indica pequena massa cerebral com área superficial maior, sulcos mais profundos e giros muito tortuosos.

Portanto, a despeito das características anatômicas corticais, uma explicação para a maior capacidade cognitiva dos primatas seriam diferenças nos fatores morfofisiológicos microscópicos da arquitetura cortical, fato confirmado por outros autores que citam que as diferenças anatômicas entre os encéfalos de pongídeos e homínídeos parecem ser qualitativas e não quantitativas, como por exemplo, a densidade celular (SWINDLER e WOOD, 1978).

Outra possibilidade seria a maior quantidade de substância branca da porção pré-frontal de humanos em relação a outros primatas (RILLING e INSEL, 1999). A substância branca é formada pelos axônios dos neurônios cujos corpos celulares

estão localizados no córtex cerebral, e o maior volume de substância branca indica aumento da conectividade nesta área (SHERWOOD, 2005).

Outra possibilidade é um crescimento mais acentuado do lobo frontal em relação aos outros lobos em primatas, lobo cuja função cognitiva é a mais considerável em relação às outras estruturas cerebrais (LURIA, 1973; MACHADO, 1999).

2. 5 CONCLUSÕES

1 - A morfologia dos giros e sulcos do cérebro de *C.l.* é mais próxima de babuínos do que de chimpanzés e humanos.

2 - Os trabalhos sobre aspectos cognitivos colocam os *C.l.* próximos aos chimpanzés, considerados os primatas mais próximos ao homem em termos cognitivos. Essa informação aliada a primeira conclusão, indica que a hipótese sobre o fato de que, a cognição está diretamente correlacionada com os aspectos anatômicos do cérebro precisa ser revisada.

3 - É provável que a cognição esteja mais relacionada a aspectos histológicos da estrutura cortical. Entretanto, mais estudos são necessários para explorar todas essas possibilidades.

REFERÊNCIAS

- Antinucci F, Visalberghi E. Tool use in *Cebus apella*: A case study. *Int J Primatol.* 1986; 7(4):351-63.
- Areia, M. Encefalização. Texto do Instituto Antropológico de Coimbra, Coimbra, 1995.
- Auricchio P. Primatas do Brasil. São Paulo: Terra Brasilis; 1995.
- Aversi-Ferreira TA, Lima-e-Silva MS, Pereira-de-Paula J, Gouvêa-e-Silva LF, Penha-Silva N. Anatomia comparativa dos nervos do braço de *Cebus apella*. Descrição do músculo dorsoepitrocLEAR. *Acta Sci.* 2005; 27(3):291-6.
- Aversi-Ferreira TA, Pereira-de-Paula J, Lima-e-Silva MS, Silva Z. Anatomy of the arteries of the arm of *Cebus libidinosus* (Rylands, 2000) monkeys. *Acta Sci.* 2007; 29(3):247-54.
- Aversi-Ferreira TA. Comparative anatomical description of forearm and hand arteries of *Cebus libidinosus*. *Int J Morphol.* 2009; 27(1):219-26.
- Barros RAC, Prada ILS, Silva Z, Ribeiro AR, Silva DCO. Lumbar plexus formation of the *Cebus apella* monkey. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2003; 40(5):373-81.
- Breseida DR, Ottoni EB. Observational learning in the manipulation of a problem-box by tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Rev etol.* 2001; 3(1):3-13.
- Bush EC, Allman JM. The scaling of frontal cortex in primates and carnivores. *Proc Nat Acad Sci.* 2004; 101(11):3962-6.
- Byrne R. Evolution of primate cognition. *Cogn Sci.* 2000; 24(3):543-70.
- Chevalier-Skolnikoff S. Spontaneous tool use and sensorimotor intelligence in *Cebus* compared with other monkeys and apes. *Behav Brain Sci.* 1989; 12:561-627.
- Costello MB, Fragaszy DM. Prehension in *Cebus* and *Saimiri*: Grip type and hand preference. *Am J Primatol.* 1988; 15(3):235-45.

Fragaszy DM, Visalberghi E, Fedigan LM. The Complete Capuchin. Cambridge: Cambridge University Press; 2004.

Ferreira JR, Prada ILS. Nomenclatura proposta para denominar as artérias da base do encéfalo do macaco-prego (*Cebus apella* L., 1766). Acta Sci. 2001; 23:635-43.

Garber PA. Foraging strategies among living primates. Ann Rev Anthropol. 1987; 16:339-64.

Gray H: Anatomy of Human Body. Philadelphia [Internet]. Bartleby; 2000. Acesso em Junho de 2009. Disponível em: www.bartleby.com/107/.

Gusmão S, Ribas GC, Silveira RL, Tazinaffo U. Localização dos sulcos e giros da face súpero-lateral do cérebro na tomografia computadorizada e na ressonância magnética. Arq Neuropsiquiatr. 2001; 59(1):65-70.

Hill WCO. Primates: comparative anatomy and taxonomy. New York: Wiley-Interscience; 1970.

Leichnetz GR, Gonzalo-Ruiz A. Prearcuate cortex in the cebus monkey has cortical and subcortical connections like the macaque frontal eye field and projects to fastigial-recipient oculomotor-related brainstem nuclei. Brain Res Bull. 1996; 41(1):1-29.

Lima B, Fiorani M, Gattass R. Modulation by context of a scene in monkey anterior inferotemporal cortex during a saccadic eye movement task. An Acad Bras Ciênc. 2003; 75(1):71-76.

Liu ST, Phillips KA. Sylvian fissure asymmetry in capuchin monkeys (*Cebus apella*). Laterality. 2009; 14(3):217-27.

Lopes RJ. Gênio da selva. Sciam. Brasil. 2004; 27:25-32.

Luria, AR. The working brain: An introduction to neuropsychology. New York: Basic Books; 1973.

Machado A. Neuroanatomia Funcional. São Paulo: Atheneu; 1999.

Marques KV, Prada ILS, Silva Z, Liberti EA. Estudo anatômico do tronco encefálico do macaco *Cebus apella*. Rev Educ Cont CRMV-SP. 2005; 8(2):156-63.

Marin KA, Carneiro E, Silva FO, Carvalho AAV, Nascimento GNL, Prado YCL, Aversi-Ferreira TA. Anatomy of the nervous of forearm and hand of *Cebus libidinosus* (Rylands, 2000). Int J Morphol. 2009; (Prelo)

Martin RD. Primate origins and evolution. New Jersey: Princeton University Press; 1990.

Mendes FDC, Martins LBR, Pereira JA, Markezan RF. Fishing with a Bait: A Note on Behavioral Flexibility in *Cebus apella*. Folia Primatol. 2000; 71(5):350-52.

Neto EGBS, Ferreira JR. Estudo anatômico da origem e distribuição dos ramos corticais das artérias cerebrais caudais do encéfalo do macaco-prego (*Cebus apella* L., 1766). Acta Sci. 2002; 24:639-46.

Oliveira AS, Ferreira JR, Blumenschein AR. Estudo anatômico do modelo arterial de vasos responsáveis pelo aporte sanguíneo da glândula submandibular de primatas neotropicais (*Cebus apella*, Linnaeus, 1766). Acta Sci. 2000; 22:573-9.

Oliveira WG, Teixeira DG, Morini AC, Morini-Junior JC, Ambrosio SE, Martins DS, Bertolini LE, Miglino MA, Prada ILS. Estudo anatômico do cerebelo do macaco-prego (*Cebus apella* Linnaeus, 1758). Biotemas. 2007; 20(1):49-58.

Otoni EB, Resende BD, Mannu M, Aquino CMC, Sestini AE, Izar P. Tool use, social structure, and information transfer in capuchin monkeys. Adv Ethol. 2001; 36:234–34.

Paiva MJAFD. Causas e conseqüências da encefalização nos hominídeos. Departamento de Antrpologia da Universidade de Coimbra; 1998. Acesso em: junho de 2009. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/wwwantr/areas/paleontologia/encefa/textos/html>.

Resende BD, Otoni EB. Brincadeira e aprendizagem do uso de ferramentas em macacos-prego (*Cebus apella*). Estud Psicol. 2002; 7(1):173-80.

Resende MC, Tavares MCH, Tomaz C. Ontogenetic dissociation between habit learning and recognition memory in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Neurobiol Learn Mem.* 2003; 79(1):19-24.

Rilling JK, Insel TR. The primate neocortex in comparative perspective using magnetic resonance imaging. *J Hum Evol.* 1999; 37:191-223.

Roth G, Dicke U. Evolution of the brain and intelligence. *Trends Cogn Sci.* 2005; 9(5):250-7.

Rylands AB, Schneider H, Langguth A, Mittermeier RA, Groves CP, Rodriguez-Luna E. An assessment of the diversity of new world primates. *Neotrop Primat.* 2000; 8(2): 61-93.

Santini MEL. Observações sobre o comportamento social *Cebus apella* em cativeiro. *Proceedings of the Congresso Brasileiro de Primatologia*; Belo Horizonte. 1983. p. 65-9.

Sherwood CC. Is prefrontal white matter enlargement a human evolutionary specialization? *Nat Neurosci.* 2005; 8(5).

Silva RA, Ferreira JR. Estudo das artérias cerebelares do macaco-prego. Considerações sobre a nomenclatura (*Cebus apella* L.; 1766). *Braz J Vet Res Anim Sci.* 2002a; 39(6):296-300.

Silva RA, Ferreira JR. Morfologia da artéria cerebelar superior do macaco-prego (*Cebus apella* L., 1766). *Acta Sci.* 2002b; 24:687-95.

Sontag CF. *The morphology and evolution of the apes and man.* London: Jhon Bale, sons and Davidson; 1924.

Swindler DR, Wood CD. Lateral and medial brain. In: Swindler DR, Wood CD. *An atlas of primate gross anatomy.* Washington: University of Washington Press; 1973.

Tavares MCH, Tomaz CAB. Working memory in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Behav Brain Res.* 2002; 131(1-2):131-7.

Testut L, Latarjet A. Tratado de anatomia humana. 9 ed. Barcelona: Salvat; 1979.

Waga IC, Dacier AK, Pinha OS, Tavares MCH. Spontaneous tool use by wild Capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) in the cerrado. Folia Primatol. 2006; 77(5):337-44.

Watanabe I. Comparative study of the medulla oblongata, pons, mesencephalon and cerebellum of the tufted capuchin, *Cebus apella* Linnaeus, 1758. Rev Odontol UNESP. 1982; 11:13-25.

Watanabe I, Madeira MC. The anatomy of the brain of the tufted capuchin, (*Cebus apella* Linnaeus, 1758). Rev Odontol UNESP. 1982; 11:5-12.

Westergaard GC, Fragaszy DM. The manufacture and use of tools by capuchin monkeys (*Cebus apella*). J Comp Psychol. 1987; 101(2):159-68.

CAPÍTULO 3 ANÁLISE DA CITOARQUITETURA CORTICAL DO LOBO PARIETAL DE *Cebus libidinosus* USANDO A TÉCNICA DE GOLGI-COX.

3.1 INTRODUÇÃO

Varias adaptações cognitivas são compartilhadas por Humanos e primatas não-humanos tais como: noção espacial, reconhecimento de objetos, uso de ferramentas, categorização, quantificação, entendimento de relações sociais, comunicação e aprendizado social (TOMASELLO, 1999)

O estudo comparativo da cognição em primatas contempla aspectos relevantes, como a documentação das habilidades cognitivas, sua evolução e funcionamento, além de situar a cognição interespecífica no contexto evolutivo (TOMASELLO, 2005).

Anatomicamente, o córtex é a principal estrutura do sistema neural responsável pelas funções sensoriais, motoras e associativas (SUPER, SORIANO e UYLINGS, 1998). O neocórtex é predominante nos mamíferos, ocupa quase toda a superfície do telencefalo, já o arquicórtex, filogeneticamente mais primitivo, restringe-se ao hipocampo, enquanto que o paleocórtex ocupa o úncus e parte do giro parahipocampal. Arqui e paleocórtex são áreas corticais antigas e relacionadas à olfação e comportamento emocional (MACHADO, 2006).

No humano adulto, o córtex cerebral telencefálico, constituído por neocórtex, é formado por seis camadas celulares horizontais, designadas camadas de Brodmann (MARÍN-PADILLA, 1992). É possível distinguir várias áreas, com limites e funções relativamente bem definidos. A diferença entre elas está na espessura e composição das camadas celulares e na quantidade de fibras nervosas que chegam ou partem de cada uma (AVERSI-FERREIRA e PENHA-E-SILVA, 2005).

Estruturalmente, o isocórtex apresenta seis camadas numeradas da superfície para o interior (Figura 13), e nomeadas de acordo com o tipo de neurônio predominante. A camada I (molecular) situada na superfície cortical é rica em fibras horizontais e com poucas células, das quais se destacam as de Cajal, células de associação. Nas camadas II (granular externa) e IV (granular interna) predomina

células granulares e nas camadas III (piramidal externa) e V (piramidal interna) predomina as células piramidais. As células granulares, também chamadas de estreladas, são principalmente de associação, já as piramidais são efetoras. Na camada VI predomina as células fusiformes (células piramidais modificadas). Estas possuem um axônio descendente que penetra o centro medular branco, sendo, portanto, células efetoras (MACHADO, 2006).

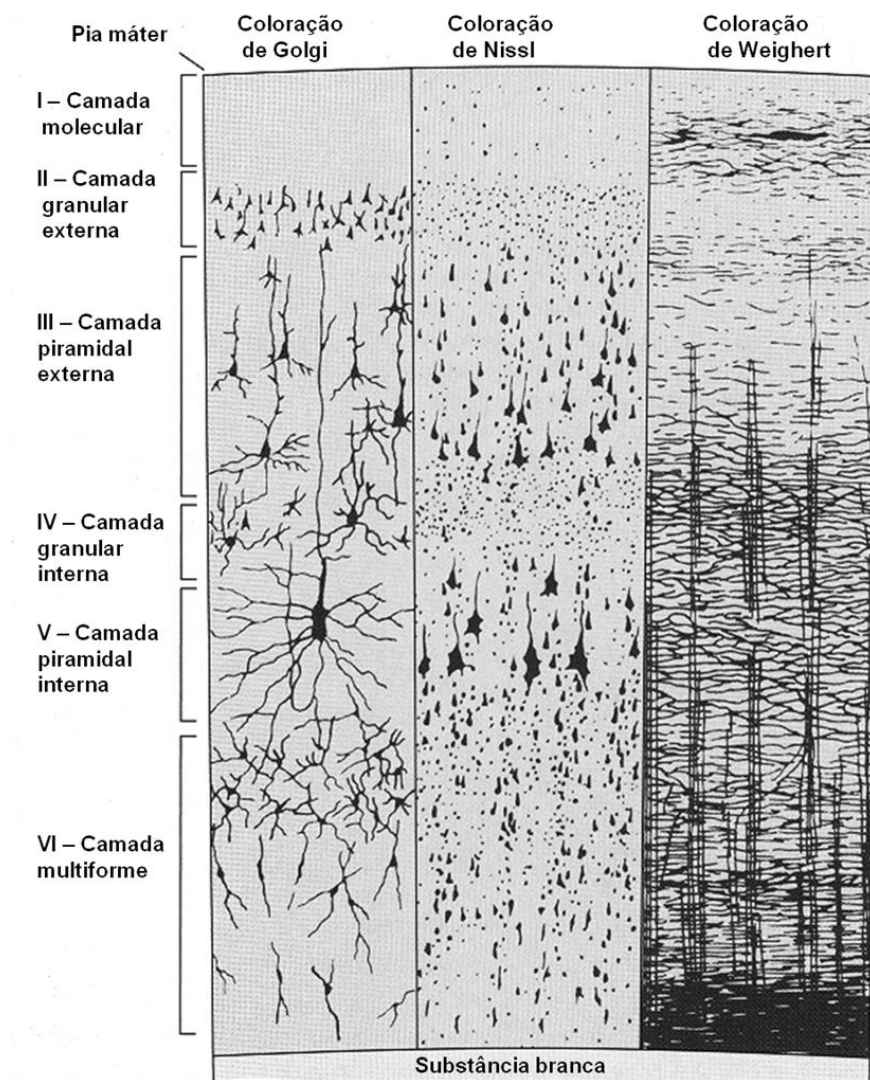


Figura 13: Citoarquitetura e disposição das seis camadas do neocórtex humano, em três diferentes métodos de coloração (Adaptado de WELLS, 2005).

Baseado em aspectos estruturais, vários mapas cerebrais foram criados, sendo o de Brodmann (1909), com 52 áreas distintas o mais usado na prática biomédica (Figura 14). Entretanto, outros morfologistas subdividiram o córtex em

números maiores de áreas, como exemplo, podemos citar o casal Vogt, Von Economo, Sarkissov entre outros (Figura 14)

Além disso, é possível dividir o córtex em dois tipos fundamentais: heterotípico e homotípico. As áreas onde não é possível reconhecer as seis camadas básicas, são denominadas heterotípica, sendo o oposto para as áreas homotípicas. É possível ainda subdividir as áreas heterotípicas em tipo granuloso e agranuloso. No córtex heterotípico granular, característico das áreas sensitivas, predomina células granulares, que inclusive invadem as camadas piramidais. No córtex heterotípico agranular, característico das áreas motoras, há grande quantidade de células piramidais (SNELL, 2003).

assim, utilizá-las de modo que seja capaz de desenvolver alguma resposta ao estímulo recebido e, avaliar a mesma quanto à adequação da resposta.

Funcionalmente, as áreas corticais não são homogêneas e são constituídas por zonas hierarquizadas, classificadas em áreas funcionais de projeção e de associação. As áreas de projeção também são conhecidas como áreas primárias e são responsáveis pelo envio e recebimento de impulsos periféricos. As de associação são divididas em áreas secundárias (unimodais) e terciárias (supramodais) (LURIA, 1973).

As áreas corticais primárias estão diretamente ligadas a aspectos sensitivos e motores. As áreas secundárias estão ligadas indiretamente à motricidade e sensibilidade, sendo que suas conexões se fazem principalmente com uma área primária de mesma função, e as informações provenientes das áreas de projeção, são processadas nessa. As áreas terciárias ou supramodais ocupam o topo da hierarquia funcional do córtex, isoladamente, não se relaciona a nenhuma outra modalidade sensorial. É a área responsável pelo recebimento e integração de informações sensoriais elaboradas nas áreas secundárias. São responsáveis por inúmeras estratégias comportamentais e estão diretamente ligadas aos fenômenos psíquicos superiores, como a memória, por exemplo (MACHADO, 2006).

O córtex parietal, em humanos é uma estrutura altamente diferenciada, consistindo de subáreas citoarquiteticamente definidas que estão conectadas com outras áreas corticais e subcorticais (NICKEL e SEITZ, 2005). O córtex parietal inferior (CPI) integra várias modalidades (somatossensorial, visual e auditiva) e desempenha um papel importante nas mais elevadas funções cognitivas (CASPER *et al*, 2006).

O neocórtex parietal apresenta áreas corticais primárias (área somestésica), áreas corticais secundárias, e principalmente áreas terciárias. As áreas terciárias recebem e promovem a integração de todos os dados sensoriais elaborados pelas áreas secundárias. É considerada a segunda unidade funcional do cérebro, responsável por receber, analisar e armazenar informações, portanto com importantes funções cognitivas, como memória e aprendizado, por exemplo, (Luria, 1973). Este lobo em humanos é proporcionalmente muito maior que o de macacos,

sendo esta diferença muito mais acentuada para a porção inferior do córtex parietal (ORBAN, VAN ESSEN e VANDUFFE, 2004).

Este córtex, em humanos, é caracterizado pela arquitetura cortical granular. De acordo com o mapa de Brodmann (Figura 14), é dividido em áreas 3, 2 e 1, localizadas no giro pós central, área 43 no extremo inferior do giro pós-central e lábio superior do sulco lateral, áreas 5 e 7 no lóbulo parietal superior e áreas 39 e 40 no lóbulo parietal inferior (SNELL, 2003).

As áreas 3, 2 e 1 (área somestésica primária) recebem fibras dos núcleos ventroposterolateral e ventroposteromedial do tálamo e estão relacionadas a dor, tato, temperatura, pressão e propriocepção do antímerno corporal oposto. As áreas 5 e 7 (áreas somestésica de associação ou secundária) recebem e integram diferentes modalidades sensitivas e enviam as informações às áreas terciárias do córtex. Como todas as áreas de associação secundária, são denominadas área gnósica, pois estão relacionadas a complexos processos psíquicos e são responsáveis pela interpretação da sensação (SNELL, 2003 e MACHADO, 2006)

As áreas 39 e 40, situadas entre as regiões occipital, temporal e pós-central, onde as áreas das sensações visual, auditiva, vestibular, cutânea e proprioceptiva se superpõem, são terciárias do ponto de vista funcional. Apesar de possuírem as seis camadas bem definidas, consistem em células das camadas corticais superiores, com axônios curtos e funções predominantemente associativas (LURIA, 1973),

A área PE, localizada no lóbulo parietal superior de macacos, é considerada uma região somatossensorial e, a maioria das células de sua porção caudal (PEc) é ativada por estimulação somatossensorial passiva e movimentos de alcance, como foi verificado por Brevegliere *et al* (2006), e essa região não apresenta organização somatotópica.

Outros autores consideram que esta área possa estar envolvida na representação do corpo no espaço (SIMON *et al.*, 2002). Cappe *et al* (2007) com injeção de BDA (biotinylated dextran amine) no córtex parietal posterior de macacos da espécie *Macaca* nas subespécies *mulatta* e *fascicularis* observaram as projeções

tálamo-corticais (TC) e cortico-talâmicas (CT) para as áreas PE e PEa as quais podem representar um possível substrato anatômico para os processos de integração transtalâmico, multissensório e sensoriomotor envolvendo a área 5 em primatas, relevante para orientação visual e movimentos de alcance.

A área 7a de primatas não humanos, localizada no lóbulo parietal superior, é alvo de estudo de muitos autores, que observaram a modulação da região citada por condições envolvendo atenção espacial (QURASHI *et al.*, 2007), variância e seletividade da velocidade (PHINNEY e SIEGEL, 2000), combinação de informação do movimento dos olhos e mãos (BATTAGLIA-MAYER *et al.*, 2007) e, representação neural do espaço (CHAFEE *et al.*, 2005; RAFFI e SIEGEL, 2005), sendo que a espécie utilizada nos experimentos foi *Rhesus (Macaca mulatta)*. Outros estudos, envolvendo o lóbulo parietal inferior de macacos rhesus constataram a ativação do mesmo, mais a região do córtex pré-frontal, com tarefas que demandavam memória operacional (FRIEDMAN e GOLDMAN-RAKIC, 1994).

A maioria dos estudos envolvendo a região parietal de primatas não-humanos aborda a relação da mesma com processos visuomotores (BAIZER *et al.*, 1991; BATTAGLIA-MAYER *et al.*, 2007).

Assim sendo, o conhecimento da citoarquitetura cortical pode consistir em grande auxílio no que se refere ao entendimento da funcionalidade do córtex parietal e os tipos celulares envolvidos em diversos estudos.

O objetivo deste trabalho foi de verificar os aspectos quantitativos e qualitativos do lobo parietal em *Cebus* usando o método de Golgi-Cox, na tentativa de confirmar ou não as possibilidades de utilização deste primata, de maneira eficiente em estudos biomédicos.

Das várias técnicas utilizadas para marcação de neurônios, não radioativas, a técnica de Golgi-Cox é a que apresenta mais versatilidade para a preparação histológica de neurônios, pois evidencia em coloração marrom escuro o corpo dos neurônios e seus prolongamentos em cerca de três meses de preparação, permitindo a contagem das células, verificação do tamanho do corpo celular e de

seus prolongamentos. Permite também, a nítida separação entre as camadas corticais.

3. 2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 AMOSTRAS

Os encéfalos dos *Cebus* foram obtidos de animais coletados já mortos no Campus Samambaia da UFG. Os óbitos foram provocados por atropelamentos ou por choque elétrico nas redes de alta tensão. Além de exemplares, também já mortos, fornecidos pelo IBAMA a partir de convênio deste com o Laboratório de Neurociência e Comportamento de Primatas (NECOP).

O projeto foi previamente submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa e aprovado, segundo o número CoEP-UFG 81/2008 (Anexo B). Os animais utilizados na pesquisa são posteriormente usados para estudos anatômicos no mesmo laboratório (AVERSI-FERREIRA *et al.*, 2005 a, b, 2007).

3.2.2 DISSECAÇÃO, PROCESSAMENTO HISTOLÓGICO E ANÁLISES

Através de dissecação cuidadosa, os encéfalos foram retirados dos crânios e posteriormente cortados para separação dos lobos correspondentes, tendo como referência os principais sulcos e giros. O lobo parietal foi localizado entre o sulco central e o sulco parieto-occipital (sulco lunatus) (PEREIRA-DE-PAULA *et al.*, 2010). Em seguida, os lobos encefálicos foram mergulhados em solução de Golgi-Cox.

A solução fixadora e contrastante de Golgi-Cox foi confeccionada segundo o método descrito por HONG ZHANG e WENG (2003); RAJU e SHANAKRANARAYANA RAO (2004) e é composta pela associação das seguintes soluções: (1) Dicromato de potássio; (2) Cromato de Potássio; (3) Cloreto de Mercúrio. As soluções 1 e 3 são misturadas na proporção 1:1, e a solução resultante é misturada 4:10 com a solução 2. Após a preparação, a solução foi mantida em frascos protegidos de luminosidade por pelo menos duas semanas e previamente filtrada antes do uso, para eliminar resíduos.

As peças foram envolvidas por algodão e mergulhadas em Golgi-Cox numa proporção fragmento: solução de 1:10. A solução foi trocada a cada cinco dias. Com um período mínimo de três semanas de impregnação após a troca, alguns cortes coronais dos lobos foram feitos com auxílio de lâminas de barbear. Os cortes foram umedecidos com amônia a 60% e observados se os prolongamentos mais finos dos neurônios estavam bem evidenciados e com granulações, indicando o momento de iniciar a inclusão do material. A solução de Golgi-Cox não era reaproveitada. Para este estudo, somente o neocórtex do lobo parietal foi analisado.

Procedeu-se a inclusão em parafina após a desidratação do material em etanol, éter e cetona. Os passos de desidratação e inclusão estão descritos como segue: etanol 50% por 1h; etanol 70% por 1h; etanol 95% por 1h; etanol-éter (1:1) por 40 minutos; etanol-cetona (1:1) por 40 minutos; duas passagens por xilol por 10 minutos cada; inclusão *overnight* em parafina. O material incluso em parafina foi submetido a cortes seriados de 50 μ m em micrótomo e foram confeccionadas lâminas com três cortes cada. Os cortes foram analisados através de microscópio de luz associado a um computador com *software* de captura de imagens (Leica Application Suite).

A análise morfométrica foi realizada utilizando o *software* ImageJ 1.40. Foram avaliados forma, localização dos tipos de neurônios nas camadas corticais, prolongamentos e número de neurônios. Para contagem do número absoluto de neurônios, foi considerada a área de 657, 072 μ m² (0,66 mm²), o que corresponde ao aumento da imagem em 100x.

3.3 RESULTADOS

Quanto aos aspectos qualitativos, com relação à morfologia dos neurônios, foi possível diferenciar os neurônios piramidais (Figura 15 e figura 16), granulares (Figura 15 e Figura 17), células fusiformes e seus respectivos prolongamentos (Figura 15).

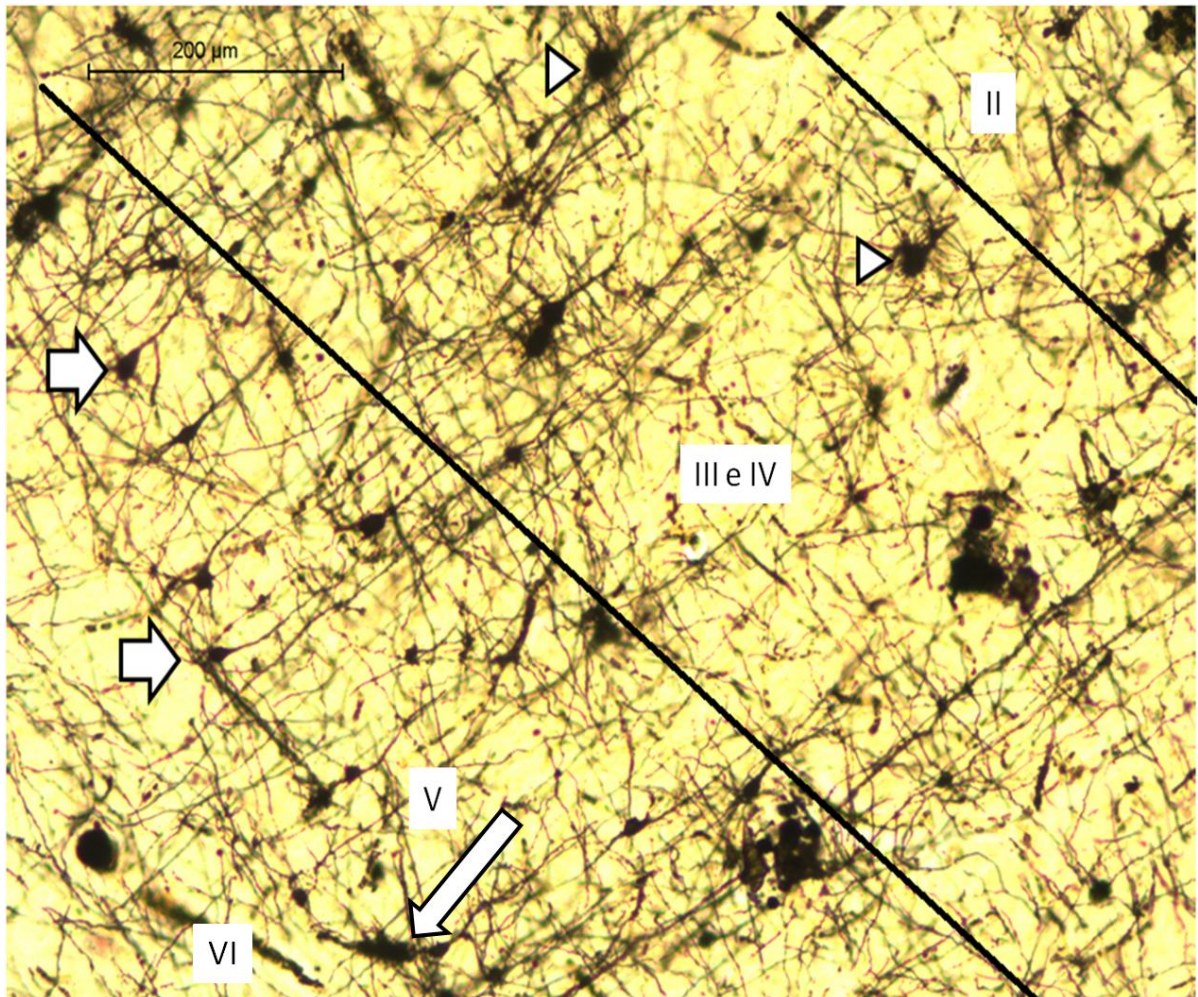


Figura 15: Fotomicrografia do neocórtex parietal de *Cebus libidinosus* indicando as camadas corticais II, III, IV, V e VI, corpos de neurônios piramidais (setas curtas), corpos de neurônios granulares (pontas de seta), células fusiformes (seta longa) e seus respectivos prolongamentos. (100X). Barra 200 µm.

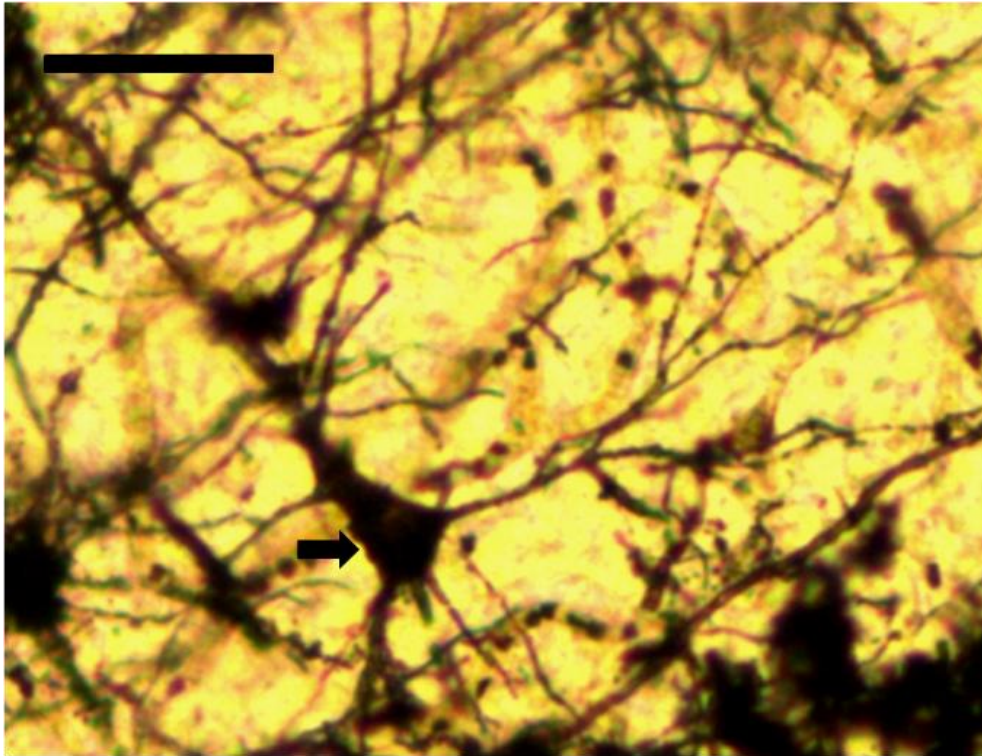


Figura 16: Fotomicrografia de neocortex parietal de *Cebus libidinosus*. A seta indica um neurônio piramidal, com seu dendrito apical e demais prolongamentos. (100X). Barra 50 μm

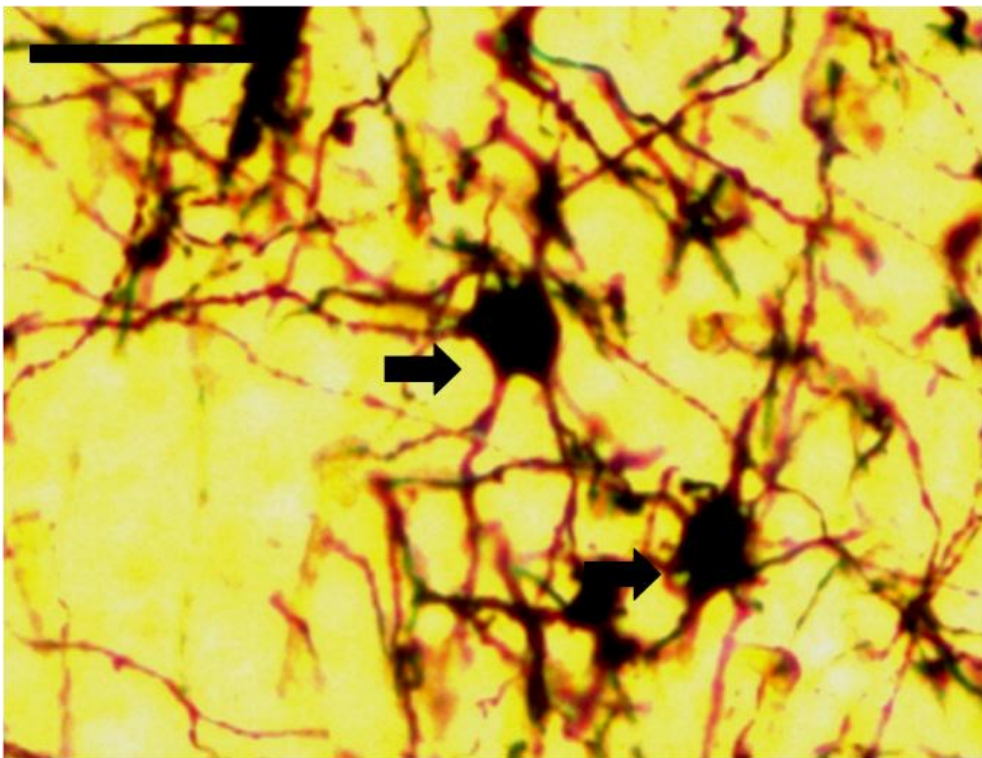


Figura 17: Fotomicrografia de neocortex parietal de *Cebus libidinosus*. As setas indicam neurônios granulares (100X). Barra 50 μm .

Quanto aos aspectos estruturais, observou-se que o neocórtex parietal de *C.l.* apresenta seis camadas bem diferenciadas, onde as camadas II e IV são proporcionalmente maiores que as outras e com predominância de neurônios granulares. Na camada IV é possível observar uma espessa rede de estrias transversais (rede de Baillarger) e vários corpos de neurônios, principalmente granulares (Figura 18).

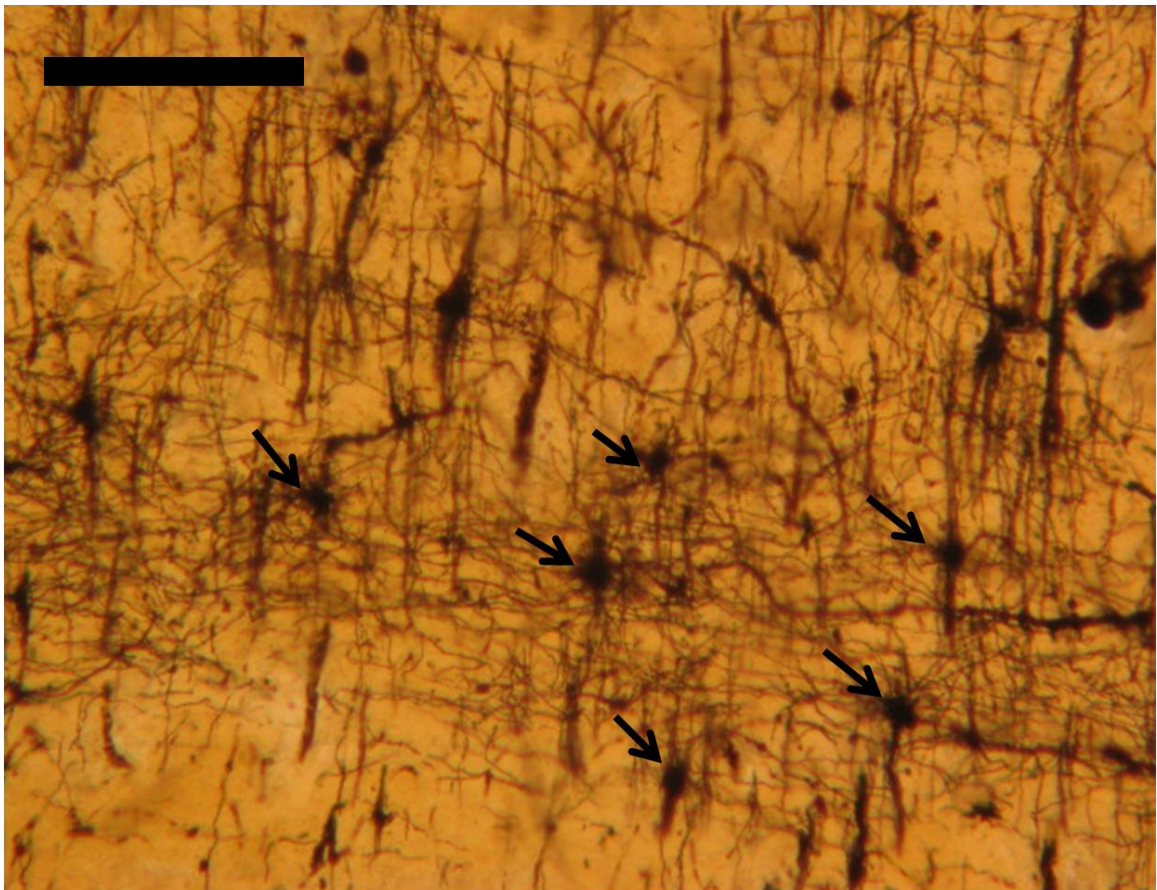


Figura 18: Fotomicrografia de área sensitiva do córtex parietal de *Cebus libidinosus* evidenciando a rede de Baillarger e vários neurônios granulares (setas). Aumento de 100x. Barra 200 μm .

A impregnação de neurônios e seus prolongamentos através da técnica de Golgi-Cox, permitiu a contagem do número de células. A média do número absoluto de neurônios das fotomicrografias de neocórtex parietal de *C.l.* analisadas foi de $43,25 \pm 10,41$. Fazendo a conversão para número de neurônios/ mm^2 , obteve-se aproximadamente $65,15$ neurônios/ mm^2 .

3.4 DISCUSSÃO

3.4.1 ORGANIZAÇÃO DO LOBO PARIETAL

A região dos lobos parietais humanos é considerada uma das mais complexas, pois diferentemente dos lobos occipital e temporal, que apresentam funções modalmente específicas (visão e audição), a região do córtex parietal é caracterizada como zona terciária, ou de associação, responsável pela organização de sínteses simultâneas (LURIA, 1973).

A melhor compreensão dos aspectos neuropsicológicos correlacionados ao lobo parietal se dá por meio de estudos e análises de casos de pacientes que apresentam lesões nessa região encefálica. Devido às características citadas, o córtex parietal é considerado um desafio às técnicas de neuroimagem (CULHAM e KANWISHER, 2001) que, atualmente, são ferramentas utilizadas no mapeamento do cérebro humano.

A interpretação fidedigna dos processos mentais superiores dependem, também, do conhecimento das estruturas celulares e fibrosas do córtex cerebral, como a citoarquitetura cortical, pois existe uma estreita relação entre o tipo de córtex definido por sua microestrutura e suas funções (DeFELIPE, ALONSO-NANCLARES e ARELLANO, 2003).

Estudos neurofisiológicos realizados em primatas não humanos sugerem similaridade em algumas áreas com o córtex parietal humano (RAFFI e SIEGEL, 2005; PHINNEY e SIEGEL, 2000; ESSEN *et al.*, 2001; BREVEGLIERI *et al.*, 2006; SIMON *et al.*, 2002), o que torna promissor o estudo da homologia entre o córtex parietal humano e o de primatas quanto ao desafio de desvendar as múltiplas funções dessa região.

Os dados aqui apresentados demonstram que o neocórtex parietal de *Cebus* apresenta os mesmos tipos celulares e a mesma estrutura geral deste córtex em humanos e outros primatas. As camadas II e IV são maiores proporcionalmente às outras camadas, devido às funções aferentes primárias que correspondem às áreas

1, 3 e 5 de Brodmann em humanos e às características de zona terciária nas áreas 39 e 40 de Brodmann em humanos (LURIA, 1973).

No córtex parietal de *C.l.*, mais especificamente na área somestésica, camada IV, observa uma intensa rede de estrias transversais, as estrias de Baillarger. Estas estrias são melhor visualizadas no córtex occipital, mas encontra-se presente em todas as áreas sensitivas. No córtex humano, estas estrias formam uma rede de conexão neural com áreas secundárias e terciárias. Podem ser denominadas internas e externas de acordo com sua localização nas camadas corticais V e IV respectivamente (MACHADO, 1978).

Quanto aos aspectos quantitativos, nossas análises apresentaram uma média de neurônios de $43,25 \pm 10,41$ em uma área de $0,66\text{mm}^2$, convertendo estes valores, temos 65, 15 neurônios/ mm^2 , no lobo parietal. Entretanto, não há dados sobre o número de neurônios parietais e de outras regiões neocorticais, mesmo com a técnica Golgi-Cox, para realização de análises comparativas entre *Cebus* e outros primatas, mas evidências recentes indicam que os *Cebus* devem ter uma média de neurônios corticais entre humanos e chimpanzés, já que o seu coeficiente de encefalização varia de 2.4 a 4.8, enquanto em humanos está entre 7.4 e 7.8 e em chimpanzés está entre 2.2 e 2.5 (ROTH e DICKE, 2005).

Deste modo, nossos dados quantitativos, poderão ser utilizados como subsídio para análises comparativas posteriores.

3.4.2 CEBUS COMO MODELO PARA ESTUDOS ANTROPOLÓGICOS E DA SAÚDE

Quanto ao uso do primata em evidência neste estudo, Jalles-Filho (2001) considerou o contrário da maioria dos pesquisadores (RESENDE e OTTONI, 2002; TAVARES e TOMAZ, 2002; LIMA, FIORANI e GATTASS, 2003; AVERSI-FERREIRA *et al.*, 2005a, 2005b, 2007) que trabalham com comportamento e anatomia de *Cebus*, que esses animais não poderiam ser utilizados como modelo para estudos antropológicos, pois o uso de ferramentas pelos *Cebus* não inclui o transporte das

mesmas. Dessas duas hipóteses pode-se gerar uma pergunta: O *Cebus* não carrega ferramentas por ter comportamento menos complexo que chimpanzés ou porque pode escolher com facilidade outras ferramentas em outro local, tendo então um comportamento muito complexo?

A resposta requer maior número de investigação das estruturas anatômicas e fisiológicas dos *Cebus* para embasamento das hipóteses comportamentais, no entanto, nossos dados associados com o índice de encefalização desses animais, estão em acordo com a possibilidade de o *Cebus* ser usado como modelo para estudos comportamentais e antropológicos devido principalmente à presença de uma rica e evidente rede tangencial no córtex parietal, o que significa, indiretamente, alta função cognitiva das áreas terciárias em *Cebus*, pois as áreas terciárias são as mais recentes aquisições dos sistemas nervosos na escala evolutiva (LURIA, 1973).

As pesquisas com primatas recebem grande atenção devido às similaridades filogenéticas destes com a espécie humana (ABEE, 2003; WOLF *et al.*, 2004), o que os torna importantes modelos experimentais para pesquisas biomédicas. Estes animais são geralmente os melhores ou, às vezes, o único modelo para estudar algumas doenças em humanos, bem como terapias e estratégias de prevenção (AREIA, 1995; DOMINGUES e CALDAS-BUSSIÈRE, 2006). Um exemplo de doença é a malária, que necessita de espécies de primatas neotropicais como modelo para o seu estudo (ABEE, 2003). Os primatas não-humanos são também importantes para diversas pesquisas em reprodução relacionada à saúde humana (KAPLAN, 2004; KAPLAN e MANUCK, 2004; DOMINGUES e CALDAS-BUSSIÈRE, 2006).

Os macacos de gênero Rhesus são os mais extensivamente utilizados. No entanto, sua disponibilidade para a pesquisa biomédica vem diminuindo, devido às proibições para exportação impostas pelos países fornecedores, por razões desde religiosas até a ameaça de extinção dessas espécies. Por isso, incentiva-se, cada vez mais, o desenvolvimento de alternativas de primatas para serem usados nas pesquisas biomédicas (WORKSHOP ON DEMANDS FOR RHESUS MONKEY IN BIOMEDICAL RESEARCH, 2002)

Considerando esse aspecto, associado à similaridade filogenética do *Cebus* em relação ao Rhesus e aos diversos estudos que já vem sendo realizados com

esse primata (AVERSI-FERREIRA *et al.*, 2005a, 2005b, 2007; LIMA,FIORANI e GATASS, 2003; RESENDE e OTTONI, 2002; TOMASELLO, 1999, 2005; AUSER, CHOMSKY e FITCH, 2002; TAVARES eTOMAZ, 2002), os dados obtidos nesse trabalho quanto às características encefálicas do *Cebus libidinosus* corroboram a idéia de que ele é um bom modelo para ser utilizado em pesquisas biomédicas, considerando seu uso associado a planejamentos estratégicos de conservação da espécie.

3.5 CONCLUSÕES

1 - Quanto aos aspectos quantitativos, ainda não é possível fazer análises comparativas do número de neurônios de *Cebus* com humanos, devido a falta de dados disponíveis, entretanto, os dados quantitativos apresentados aqui, poderão ser utilizados como subsídio para análises comparativas posteriores.

2 – *Cebus* e homem apresentam os mesmos tipos celulares e a mesma estrutura geral de disposição em camadas no córtex parietal.

3 - Nossos dados indicam a possibilidade de *Cebus* serem usados como modelos para estudos biológicos.

REFERÊNCIAS

Abee CR. Alternative New World Primate Models for Non-AIDS Research. *Inst Laby Anim Res J.* 2003; 44:231-235.

Areia, M. Encefalização. Texto do Instituto Antropológico de Coimbra, Coimbra, 1995.

Aversi-ferreira TA, Penha-Silva N. Efeitos do etanol sobre a migração neuronal na formação do neocórtex cerebral. *Biosc J.* 2005; .21(1): 151-157.

Aversi-Ferreira TA, et al. Anatomia comparativa dos nervos do braço de *Cebus apella*: descrição do músculo dorsoepitroclear. *Acta Scientiarum.* 2005a; 27(3): 291-296.

Aversi-Ferreira TA, et al. Estudo anatômico de músculos profundos do antebraço de *Cebus apella* (Linnaeus, 1766). *Acta Scientiarum.* 2005b; 27(3): 297-301.

Aversi-Ferreira TA, et al. Anatomy of the arteries of the arm of *Cebus libidinosus* (Rylands *et al.*, 2000) monkeys. *Acta Scientiarum Biol Sci.* 2007; 29 (3).

Baizer JS, Ungerleider LG, Desimone R. Organization of Visual Inputs to the Inferior Temporal and Posterior Parietal Cortex in Macaques. *J Neurosci.* 1991; 17(1): 166-190.

Battaglia-Mayer A, Mascaro M, Caminiti R. Temporal Evolution and Strength of Neural Activity in Parietal Cortex during Eye and Hand Movements. *Cereb Cortex.* 2007; 17: 1350-1363.

Breveglieri R, Galletti C, Gamberini M, Passarelli L, Fattori P. Somatosensory Cells in Area P_{Ec} of Macaque Posterior Parietal Cortex. *J Neurosci.* 2006; 14(26): 3679–3684.

Cappe C, Morel A, Rouiller EM. Thalamocortical and the Dual Pattern of Corticothalamic Projections of The Posterior Parietal Cortex in Macaque Monkeys. *Neurosci.* 2007; 146: 1371–1387.

Caspers S, Geyer S, Schleiche RA, Mohlberg H, Amunts K, Zilles K. The human inferior parietal cortex: Cytoarchitectonic parcellation and interindividual variability. *NeuroImage*. 2006; 33(02): 430–448.

Chafee MV, Crowe DA, Averbach BB, Georgopoulos AP. Neural Correlates of Spatial Judgement during Object Construction in Parietal Cortex. *Cereb Cortex*. 2005; 15: 1393-1413.

Culham JC, Kanwisher NG. Neuroimaging of cognitive functions in human parietal cortex. *Current Opin Neurobiology*. 2001; 1: 157-163.

DeFelipe J, Alonso-Nanclares L, Arellano JI. Microstructure of the neocortex: Comparative aspects. *J Neurocytol*. 2002;31: 299-316.

Domingues SFS, Caldas-Bussiere MC. Fisiologia e Biotécnicas da Reprodução Desenvolvidas em Fêmeas de Primatas Neotropicais Importantes para a Pesquisa Biomédica. *Rev Bra Repro Ani*. 2006; 30 (1/2):.57-71.

Kaplan JR. Modeling Women's Health with Nonhuman Primates and Other Animals. *Inst Lab Anim Res J*. 2004; 45(2): 83-88.

Kaplan JR, Manuck SB. Ovarian Dysfunction, Stress, and Disease: a Primate Continuum. *Inst Lab Anim Res J*. 2004; 45(2).

Essen DCV *et al.*, Mapping visual cortex in monkeys and humans using surface-based atlases. *Vis Res*. 2001; 41: 1359–1378.

Friedman HR, Goldman-Rakic PS. Coactivation of Prefrontal Cortex and Inferior Parietal Cortex in Working Memory Tasks Revealed by 2DG Functional Mapping in the Rhesus Monkey. 1994; *J Neurosci*. 74(5): 2775-2788.

Hauser MD, Chomsky N, Fitch WT. The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve? *Science*. 2002; 298: 1569-1579.

Hong-Zhang SJ, Weng JJH. Does microwaving enhance the Golgi methods? A quantitative analysis of disparate staining patterns in the cerebral cortex. *J Neurosci Meth*; 2003; 124(2):145-155.

Jalles-Filho E, Cunha RGT, Salm RA. Transport of tools and mental representation: is capuchin monkey tool behavior a useful model of Plio-Pleistocen hominid technology? *J Hum Evol.* 2001; 40:.365-377.

Lima B, Fiorani L, Gattass R. Modulation by context of a scene in monkey anterior infratemporal cortex a saccadic eye movement task. *An Acad Bra Ciênc.* 2003;.75(1): 71-76.

Luria AR. *The working brain: An introduction to neuropsychology.* New York: Basic Books; 1973.

Machado A. *Neuroanatomia funcional.* São Paulo: Ed. Atheneu, 1978.

Marín-Padilla M. Ontogenesis of the Pyramidal Cell of the Mammalian Neocortex and Developmental Cytoarchitectonics: A Unifying Theory. *J Comp Neurol.* 1992; 321: 223-240.

Nickel J, Seitz RJ. Functional clusters in the human parietal cortex as revealed by an observer-independent meta-analysis of functional activation studies. *Anat Embryol.* 2005; 210(05): 463–472.

Orban GA, Van Essen D, Vanduffe W. Comparative mapping of higher visual areas in monkeys and humans. *Trends Cogn Sci.*2004; 8:315–324.

Pereira-De-Paula J. Prado YCL, Tomaz C, Aversi-Ferreira TA. Anatomical study of the main sulci and gyri of the *Cebus libidinosus* (Rylands, 2000) brain. *Neurobiologia J.* 2010; 73 (2). (prelo)

Phinney RE, Siegel RM. Speed Selectivity for Optic Flow in Area 7a of the Behaving Macaque. *Cereb Cortex.* 2000; 10: 413-421.

Quraishi S, Heider B, Siegel RM. Attentional Modulation of Receptive Field Structure in Area 7a of the Behaving Monkey. *Cereb Cortex.* 2007; 17: 1841-1857.

Raffi M, Siegel RM. Functional Architecture of Spatial Attention in the Parietal Cortex of the Behaving Monkey. *J Neurosci.* 2005; .25(21):.5171-5186.

Raju TR, Shanakranarayana Rao BS. The golgi techniques for staining neurons. Nat Institute of Mental Health and Neuro Sciences, Bangalore 2004.

Resende BD, Ottoni EB. Brincadeira e aprendizagem do uso de ferramentas em macacos-prego (*Cebus apella*). *Estud Psicol.* 2002; 7(1):173-180.

Roth G, Dicke U. Evolution of the Brain and Intelligence. *Trends Cogn Sci.* 2005; 9(5).

Simon O, Mangin JF, Cohen L, Bihan DL, Dehaene S. Topographical Layout of Hand, Eye, Calculation, and Language-Related Areas in the Human Parietal Lobe. *Neuron.* 2002; 33: 475–487.

Snell, R. Neuroanatomia Clínica. Buenos Aires: Panamericana, 2003.

Super H, Soriano E, Uylings HB. The functions of the preplate in development and evolution of the neocortex and hippocampus. *Brain Res.* 1998; 27: 40-64.

Tavares MCH, Tomaz CAB. Working memory in Capuchin Monkeys (*Cebus apella*). *Behav Brain Res.* 2002; 131(1-2):.131-137.

Tomasello M. The cultural origins of human cognition. Cambridge: Harvard University Press, 1999.

Tomasello M. Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behav Brain Scienc.* 2005; 28(5): 675-735

Wells RB Cortical neurons and circuits: Aa tutorial introduction [Internet] 2005. Acesso em: Fevereiro de 2009. Disponível em: <http://www.mrc.uidaho.edu>.

Wolf DP. *et al.*. Progress with nonhuman primate embryonic stem cells. *Biol Reprod.* 2004; 71: 1766–1771.

Workshop on Demands for Rhesus Monkey in Biomedical Research. Demands for Rhesus Monkeys in Biomedical Research: A Workshop Report. *Inst Lab Anim Res J.* 2002; 44(3):.222-238.

ANEXOS

Anexo A – Artigo publicado em: *Neurobiologia*. 2010; 73(2): 65-78.

Original Article

Anatomical Study of the Main Sulci and Gyri of the Cebus Libidinosus Brain (Rylands, 2000)

Estudo Anatômico dos Principais Sulcos e Giros do Cérebro de *Cebus Libidinosus* (Rylands, 2000)

Jarbas Pereira-de-Paula^{1,4}; Yandra Cássia Lobato do Prado^{2,4}; Carlos Tomaz³; Tales Alexandre Aversi-Ferreira^{*}

ABSTRACT

The purpose of this work was to study the brain of the *Cebus* genus in morphological terms to evidence the main gyri and sulci, the gyrencephaly degree, the encephalization index and the measure of the main structures, to compare the results with literature data in humans, chimpanzees, baboons and others nonhuman primates. Four specimens of adult and healthy *Cebus libidinosus* were used. All animals, donated by IBAMA-GO, were sacrificed by lethal injection of sodium pentobarbital. The animals were conserved on 10% formaldehyde in closed opaque box and deposited in the anatomical collection from the Federal University of Goiás. Brains were removed from the skull, weighed and measured with a caliper and documented with digital camera. The gyri, sulci and other structures denomination were described according to descriptions from humans and other primates. In general, the results indicate that the morphology of the gyri and sulci of the *C.l.* brain is closer to baboons than to chimpanzees and humans.

KEYWORDS: anatomy, *Cebus*, brain, gyri and sulci

¹ - Postgraduate Program in Health Sciences – University of Brasilia – Brasília – DF – Brazil.

² - Postgraduate Program in Animal Sciences - Federal University of Goiás – Goiânia – GO - Brazil.

³ - Laboratory of Neurosciences and Behavior - University of Brasília– Brasília – DF – Brazil

⁴ - Neurosciences and Primates Behavior Laboratory - Federal University of Goiás – Catalão – GO - Brazil.

*Correspondence adress: Dr. Tales Alexandre Aversi-Ferreira. Universidade Federal de Goiás - Campus Catalão. Avenida Dr. Lamartine Pinto de Avelar, 1120. Setor Universitário, Catalão/GO. Departamento de Enfermagem. Fone: +55 64 3441-1500 / Fax: +55 64 3441-1515. e-mail: aversiferreira@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a morfologia do cérebro de *Cebus* a fim de evidenciar os principais giros e sulcos, o grau de girencefalia, o índice de encefalização e as medidas das principais estruturas, para comparar os resultados com os dados na literatura para humanos, chimpanzés, babuínos e outros primatas não humanos. Quatro espécimes de *Cebus libidinosus* adultos e saudáveis foram utilizados. Todos os animais, doados pelo IBAMA-GO, foram eutanasiados por injeção letal de pentobarbital sódico. Os animais foram conservados em formaldeído 10% e mantidos em caixa opaca e depositados na coleção anatômica da Universidade Federal de Goiás. Os cérebros foram removidos do crânio, pesados e medidos com um paquímetro e documentados com câmera digital. A denominação dos giros, sulcos e outras estruturas foram feitas de acordo com as descrições para humanos e outros primatas. Em termos gerais, os resultados indicam que a morfologia dos sulcos e giros do cérebro de *C.l.* é mais próxima dos babuínos do que em chimpanzés e humanos.

PALAVRAS CHAVE: anatomia, *Cebus*, cérebro, giros e sulcos

INTRODUCTION

Biological sciences have as an important basis the morphological knowledge. Macroscopic anatomy serves as a tool for the description of species and/or for the comparison between species with morphological likenesses³.

The *Cebus libidinosus* (*C.l.*)⁴¹ is a genus featuring the largest geographical distribution among neotropical primate species, and according to Lopes (2004), it is observed from Colombia and Venezuela all the way to northern Argentina; inhabits tropical, subtropical and riverside forests, as well as savannah and semi-arid regions of Brazil. Cognitive and very skillful, they display an immense capacity to handle tools for obtaining food and amusement, and such activities are observed in both captivity and in the wild^{11, 37, 50}.

Anatomical studies on *C.l.* have been performed in anatomy^{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 18, 29, 32, 33, 42, 44, 45}, cortical physiology²³, behavior and use of tools^{1, 2, 11, 15, 19, 25, 37, 50, 53}, encephalic index³⁶ and memory⁴⁸. The high cognition capacity and biological aspects of *C.l.* make them similar to Old World primates in relation to the use of tool^{14, 31, 35, 50}, social organization capacity based on information transmission and learning³⁷.

The behavioral comparative analysis of recent primates, associated with the phylogenetic trunks derived from cladism, generate important knowledge of recent human cognitive evolution¹³, associated with nonhuman primates from the Old World. According to Resende et al. (2003), *Cebus*, human and Old World primates have the same basic neural substrate for memory, and learning tests indicate a long term convergence of the development of these species.

Studies²⁴ have associated asymmetry in *Cebus* brain using MRI to the Sylvian fissure, microscopic connections in prearcuate cortex²², and cerebral, cerebral trunk and cerebellum morphological description in general terms was conducted^{21, 22}. However, Oliveira and colleagues (2007) studied the cerebellum of *Cebus* and found no differences in relation to the description of Watanabe (1982). In addition, Marques and colleagues (2005) conducted a cerebral trunk morphological study in *Cebus* and also found no differences in relation to findings of Watanabe & Madeira (1982), and stressed the need for further studies on the same topic.

However, no accurate study on the *C.l.* brain has been performed so far, considering data on gyrencephaly and gyrus, their relative lengths and

Anexo B – Parecer do Comitê Institucional de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CoEP-UFG 81/2008) e autorização do IBAMA N^o. 15275).



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA

08104105

PROTOCOLO N^o
081/08

PARECER CONSUBSTANCIADO

I - Finalidade do projeto (pesquisa/ensino)

PROJETO DE PESQUISA

II - Identificação:

Título do projeto:

- Localização de miosina-V e calmodulina no neocórtex de *Cebus libidinosus* (RYLANDS, 2000)

Pesquisador Responsável:

- o Yandra Cássia Lobato do Prado - ICB/UFG

Pesquisadores Participantes:

- o Prof. Dr. Eugênio Gonçalves de Araújo – EV/UFG
- o Prof. Dr. Tales Alexandre Aversi Ferreira – ICB/UFG

Instituição onde será realizado:

- o Universidade Federal de Goiás
- o Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS) - IBAMA

Data de apresentação ao CEP: 04/06/2008

III - Objetivos e justificativa do projeto:

O presente projeto tem como finalidade:

- Localizar por técnicas morfológicas e bioquímicas as proteínas calmodulina e miosina-V no neocórtex de *Cebus libidinosus*.
 - o Localizar a miosina-V no encéfalo de macacos *Cebus*, pelo emprego de técnica imunistoquímica, imunofluorescência e *Western blot*;
 - o Verificar a associação entre a miosina V e as moléculas de calmodulina nos neurônios, por meio de co-localização pela imunofluorescência e microscopia confocal.

IV - Sumário do projeto:

Discussão sobre a possibilidade de métodos alternativos:

- o Não apresentada. A equipe justifica que a localização da miosina-V associada à calmodulina no encéfalo de macacos *Cebus* representará uma possível confirmação qualitativa/quantitativa dessas moléculas nos neurônios cerebrais de animais superiores, pela primeira vez em primatas. Além disso, afirma que as publicações que envolvem estudos com *Cebus* têm apresentado enorme repercussão mundial, sendo intenção da equipe abrir novas perspectivas para o uso dessa espécie como modelo experimental, não somente na neurociência, mas também para outras finalidades, como os estudos de efeitos de fármacos.

Descrição do animal utilizado (número, espécie, linhagem, sexo, peso, etc):

- o Macacos (*Cebus libidinosus*)
 - Serão utilizados seis animais, adultos e saudáveis, cedidos pelo IBAMA (documentação apresentada).

Descrição das instalações utilizadas e número de animais/área/qualidade do Ambiente (ar, temperatura, umidade), Alimentação/hidratação:

- Os animais são provenientes do CETAS-Goiânia e serão utilizados pelo estudo após eutanásia.

Utilização de agente infeccioso/gravidade da infecção a ser observada:

- o Não se aplica a este ensaio.

Adequação da metodologia e considerações sobre o sofrimento imposto aos animais:

CEP/UFG

PARECER CONSUBSTANCIADO

PROTOCOLO Nº 081/08

- A metodologia foi apresentada no corpo do projeto e no item 09 do protocolo. Em síntese:
 - Os animais serão capturados no recinto por meio de um puçá, imobilizados manualmente por pessoa experiente e qualificada para tal função. Em seguida, será feita a tranquilização com aplicação de quetamina (50mg/ml) na dose de 10mg/kg por via intramuscular. A veia cefálica será então acessada para aplicação de tiopental (1000mg) na dose de 50mg/kg. Após a constatação de parada cardio-respiratória e choque bulbar, os encéfalos serão imediatamente retirados por dissecação cuidadosa.
 - A separação dos lobos cerebrais será feita com lâmina de barbear, baseando-se nas principais fissuras e sulcos, correspondentes à anatomia do homem. Cada lobo será seccionado em vários cortes para fragmentação das técnicas de imunistoquímica, *Western Blot*, imunofluorescência e microscopia confocal.
 - **Método de eutanásia:**
 - Será realizada conforme descrito no item anterior.
 - **Destino do animal:**
 - Esses animais serão destinados ao Núcleo de Estudos em Neurociências e Comportamento de Primatas do ICB/UFG onde serão utilizados para estudos descritivos de anatomia.
- IV – Comentários do relator frente às orientações do COBEA**
- **Estrutura do protocolo:**
 - O protocolo atende às orientações pertinentes à experimentação animal. **Contém todos os documentos necessários à sua análise.**
 - **Análise de sofrimento imposto, métodos alternativos e benefícios:**
 - Os animais serão utilizados na pesquisa após eutanásia. Antes disso permanecerão em recintos próprios para a espécie no CETAS.
 - **Análise dos riscos aos pesquisadores/alunos:**
 - Os pesquisadores apontam que os riscos possíveis serão sanados pela presença de pessoal capacitado do CETAS para o manuseio dos animais, não havendo contato desses com os pesquisadores até o momento da anestesia.
 - **Necessidade do número de animais:**
 - O número de animais é justificado no protocolo, entretanto o delineamento estatístico não foi apresentado.

V - Parecer do CEP:De acordo com a documentação apresentada a este comitê consideramos o projeto **APROVADO**.**VI - Data da reunião: 06/04/2009**


 Profª Drª Rita Goretí Amaral

Coordenador do COEP/PRPPG/UFG



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
Superintendência do IBAMA em Goiás

OFÍCIO/ IBAMA-GO/DGPA Nº 82 /08

Goiânia, 26 de novembro de 2008.

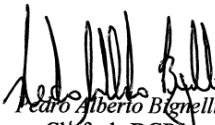
A Sua Senhoria o Senhor
Professor Eugênio Gonçalves Araújo

Assunto: **Projeto de Pesquisa**

Prezado Professor,

1. Em resposta ao questionamento realizado por V.Sª a respeito da autorização de pesquisa nº 15275, informamos que como previsto no projeto, está autorizada a Eutanásia dos macacos prego (*Cebus libidinosus*) presentes no CETAS/GO. Esta informação não foi impressa na licença, pois o sistema ainda não prevê projetos com animais já em cativeiro, como é o caso.

Atenciosamente,


Pedro Alberto Bignelli
Chefe da DGPA
IBAMA/GO

LCFS/lcfs

Superintendência do IBAMA em Goiás/Gabinete - Rua 229, nº 95, Setor Universitário - CEP: 74.605-090
Goiânia/GO - TEL: (62) 39011918 - FAX: (62) 39011990
supes.go@ibama.gov.br - www.ibama.gov.br/go