

## OSTEOLOGIA CRANIANA E ASPECTOS EVOLUTIVOS DE *Mycteria* (AVES: CICONIIDAE)

**Anderson Guzzi<sup>1</sup>**

guzzi@ufpi.br

**Muryllo dos Santos Nascimento<sup>1</sup>**

muryllobiologo@hotmail.com

**Stella Pereira Lima<sup>1</sup>**

stellaylima@gmail.com

**Suely Silva Santos<sup>1</sup>**

suelysantos.bio@gmail.com

**Reginaldo José Donatelli<sup>2</sup>**

rjdonat@yahoo.com.br

<sup>1</sup>Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Ciências do Mar, Campus Ministro Reis Velloso, Universidade Federal do Piauí, Parnaíba, PI, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil.

### RESUMO

#### ***Osteologia craniana e aspectos evolutivos de Mycteria (Aves: Ciconiidae).***

O gênero *Mycteria* é composto por espécies com hipóteses de relacionamento filogenético controversas. O presente trabalho objetivou descrever a osteologia craniana das quatro espécies representantes do gênero, comparando com espécies representantes dos demais gêneros da família. A monofilia de *Mycteria* pode ser proposta com base nos seguintes caracteres cranianos: 1) processo medial da mandíbula medialmente disposto e 2) tubérculo pseudotemporal desenvolvido, quando comparado com as demais espécies de Ciconiidae. *Mycteria ibis* e *M. leucocephala* são grupos-irmãos sustentados pela presença de: 1) fossa temporal profunda, 2) tubérculo "T" reduzido e 3) expansão caudal da fossa *coanalis*, quando comparada as demais espécies de Ciconiidae. Das espécies estudadas, a mais basal foi *M. cinerea*, e o táxon formado por *M. ibis* e *M. leucocephala* é grupo-irmão de *M. americana*, sustentado pela presença da fusão total do lacrimal ao frontal, ao passo que nas demais espécies de Ciconiidae a sutura entre esses ossos é visível.

**Palavras chave:** Anatomia, Sistemática, *Mycteria*, Ciconiidae, Aves.

### ABSTRACT

#### ***Cranial osteology and evolutionary aspects of Mycteria (Aves: Ciconiidae).***

The genus *Mycteria* (Ciconiidae) is composed of species with controversial phylogenetic hypotheses of relationships. This study sought to describe the cranial osteology of the four species included in the genus *Mycteria*, comparing with representative species from other genera of the family. The monophyly of *Mycteria* could be hypothesized based on the following cranial characters: 1) medial process of the mandible medially oriented and

2) pseudo temporal tubercle developed when compared to other species Ciconiidae. *Mycteria ibis* and *M. leucocephala* are sister groups supported by: 1) deep temporal fossa, 2) reduced "T" tubercle and 3) expansion of the caudal fossa *coanalís* relative to other species of Ciconiidae. Among the species studied, the most basal was *M. cinerea* and the taxon formed by *M. ibis* and *M. leucocephala* is sister group of *M. americana*, sustained by the presence of total fusion of lacrimal and frontal bones, whereas in remaining species of Ciconiidae the suture between these bones is visible.

**Key Words:** Anatomy, Systematics, Ciconiidae, *Mycteria*, Aves.

## INTRODUÇÃO

*Mycteria* pertence a família Ciconiidae, composta por 19 espécies atuais distribuídas primariamente nas regiões tropical e subtropical ao redor do mundo. Reconhecida como família desde 1901, as cegonhas formam um grupo bem definido, caracterizado por diversas características comportamentais e morfológicas: pernas longas com a parte distal do tibiotarso sem penas, pés relativamente longos e com pequenas membranas interdigitais, 12 rêmiges primárias, 12 rêmiges secundárias, partes nuas da cabeça, glândula uropigiana presente, musculatura peitoral associada com vôo em altas altitudes, bico forte, plumagem predominantemente preta e branca, jovens com dupla penugem, sacos aéreos debaixo da pele do pescoço, perda das penas de pé e comportamentos sociais similares (KAHL, 1963; VAN DEN BERGE, 1970; SIBLEY e AHLQUIST, 1990; HANCOCK *et al.*, 1992).

O gênero *Mycteria* é distribuído por toda a região tropical do mundo. *Mycteria americana* habita toda a América, desde a Flórida até a Argentina central. *Mycteria ibis* habita a África tropical. *Mycteria leucocephala* é amplamente distribuída do leste do Paquistão e Índia até o Vietnã. *Mycteria cinerea* ocorre localmente desde o Camboja e Vietnã até Sumatra e Java. Todas as espécies de *Mycteria* são alopátricas, exceto *M. leucocephala* e *M. cinerea* que coabitam na Indochina (KAHL, 1971).

Os membros do gênero *Mycteria* são altamente gregários e nidificam em colônias. São basicamente diurnos, exceto *Mycteria americana*, que pode ser ativa a noite (DEL HOYO *et al.*, 1992).

As espécies de *Mycteria* apresentam diferentes comportamentos relacionados com a termorregulação: ofegar com a língua levantada e eriçar as penas para dissipar o calor do corpo, podendo realizar urohidrose sobre as pernas, desse modo favorecem a perda de calor através da evaporação. Particularmente *M. leucocephala*, deixa as asas estendidas e semi-abertas, mas curvadas no carpo, na forma de um escudo, postura que pode ser adotada em certos momentos para abrigar os jovens dos raios solares (DEL HOYO *et al.*, 1992).

Embora *Mycteria* seja considerado monofilético (KAHL, 1971), o relacionamento filogenético entre suas espécies é controverso, não havendo consenso entre as hipóteses baseadas em diferentes fontes de dados, desde

dados anatômicos (PETERS, 1931; VERHEYEN, 1959; WOOD, 1983 e 1984), comportamentais (KAHL, 1963, 1971 e 1972) e moleculares (SIBLEY e AHLQUIST, 1990; AVISE *et al.*, 1994; SLIKAS, 1997).

KAHL (1971), baseado em traços comportamentais, aproxima *Anastomus* de *Mycteria*, formando a tribo Mycteriini, mas não conseguiu resolver as relações filogenéticas dentro do gênero *Mycteria*. PETERS (1931) considera *M. americana* como o membro mais basal de seu gênero e VERHEYEN (1959) propôs o relacionamento das três espécies do Velho Mundo como sendo: (*M. ibis*, (*M. leucocephala*, *M. cinerea*)), a mesma hipótese suportada pelos dados moleculares do estudo de SLIKAS (1997).

No estudo de SLIKAS (1997) *Mycteria* pode ser considerado grupo-irmão de *Anastomus*, com base na hibridização DNA-DNA; as hipóteses filogenéticas são: (((*Jabiru*; *Ephippiorhynchus*) *Ciconia*) (*Leptoptilus* (*Anastomus*; *Mycteria*))), (*Leptoptilus* (*Ciconia* (*Mycteria* (*Jabiru*; *Ephippiorhynchus*)))) e (*Mycteria* ((*Jabiru*; *Ephippiorhynchus*) (*Leptoptilus*; *Ciconia*))), ambas com base em seqüências de citocromo *b*, mas com análises metodológicas diferentes.

Várias espécies de cegonhas são incluídas na filogenia de SIBLEY e AHLQUIST (1990) com base em dados de hibridização de DNA-DNA. As espécies incluídas e seus relacionamentos filogenéticos são: (*J. mycteria* (*L. crumeniferus* (*C. ciconia* (*E. asiaticus*, *M. americana*))))). Esse padrão de relacionamento filogenético é conflitante com o obtido por SLIKAS (1997), na árvore representada com o menor número de passos com base em dados de hibridização DNA-DNA. Esse mesmo autor ressalta que na árvore de SIBLEY e AHLQUIST (1990) os nodos suportando os relacionamentos dentro de Ciconiidae são curtos, particularmente o nodo que suporta o par *Ephippiorhynchus-Mycteria*.

As melhores estimativas de filogenia do estudo realizado por SLIKAS (1997) são altamente congruentes com as estimativas prévias de relacionamentos filogenéticos entre as espécies baseadas em comportamento e morfologia (VERHEYEN, 1959; KAHL, 1971 e 1972; WOOD, 1983 e 1984).

AVISE *et al.*, (1994) em seu estudo molecular de seqüências de citocromo *b* aproximou *Coragyps atratus* (Cathartidae) de *Jabiru mycteria* (Ciconiidae), quando comparado a membros da própria família Ciconiidae, como *Leptoptilus crumeniferus*, *Mycteria americana*, *Mycteria ibis*, e membros da família Scopidae, Threskiornithidae e Balaenicipitidae.

Um grupo monofilético pode ser extraído da filogenia proposta por AVISE *et al.*, (1994): (((*Coragyps atratus*, *Jabiru mycteria*) *Gymnogyps californianus*) *Mycteria ibis*). Nesse mesmo estudo, *Mycteria americana* é considerada uma espécie basal, grupo-irmão de *Leptoptilus crumeniferus*, formando um grupo com a espécie *Balaeniceps rex*, da família Balaenicipitidae, ao passo que espécies de Cathartidae (como *Cathartes burrovianus*, *Coragyps atratus*, *Vultur gryphus* e *Gymnogyps californianus*) estão mais próximas a espécies de Ciconiidae (como *Mycteria americana*, *Leptoptilus crumeniferus*, *Mycteria ibis* e *Jabiru mycteria*) que das espécies de Acciptridae (como *Torgos tracheliotus*, *Neophron percnopterus*, *Gypaetus barbatus*).

Estudos de filogenia dentro de gêneros e famílias de aves proveram uma nova oportunidade para a análise da estrutura cranial num contexto filogenético (LIVEZEY, 1986 e 1991). O crânio de aves pode representar uma parte principal em análises filogenéticas e de novos caracteres, bem como, definir evidências anatômicas para que seus estados sejam levantados (ZUSI, 1993).

Posto isso, objetivou-se descrever detalhada e comparativamente a osteologia craniana das quatro espécies do gênero *Mycteria* (Ciconiidae) comparando com espécies representantes dos demais gêneros da família Ciconiidae, buscando levantar caracteres compartilhados e exclusivos para cada espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados e descritos 24 espécimes, abrangendo todas as espécies do gênero *Mycteria*: *M. americana*; *M. leucocephala*; *M. ibis* e *M. cinerea*.

A descrição da osteologia craniana foi comparativa, e desenhada em pranchas em vistas dorsal, ventral e lateral, utilizando estereomicroscópio Zeiss SV/11 (de 0,6 X a 6,6 X).

A nomenclatura utilizada para essa descrição seguiu as indicações da *Nomina Anatomica Avium* (BAUMEL *et al.*, 1993). As delimitações ósseas dos crânios seguiram a descrição apresentada por JOLLIE (1957); HÖFLING e GASC (1984); DONATELLI (1992, 1996 e 1997); MARCELIANO *et al.*, (2007); LADEIRA e HÖFLING (2007), MARCELIANO *et al.*, (1997); MÉNDEZ e HÖFLING (2007); POSSO e DONATELLI (2007); SILVEIRA e HÖFLING (2007); FLAUSINO *et al.*, (1999); PASCOTTO *et al.* (2006).

A classificação e nomenclatura das espécies são as mesmas apresentadas por HOWARD e MOORE (1998).

Os espécimes estudados *in loco* se encontravam previamente preparados (crânio e mandíbulas secos) e fazem parte da coleção do National Museum of Natural History (USNM), Smithsonian Institution, Washington, DC, EUA.

Visto que os crânios das espécies estudadas variaram consideravelmente em tamanho, e que algumas estruturas ósseas variaram significativamente entre as espécies, buscou-se determinar comparativamente o tamanho relativo de cada estrutura através da medida da distância de origem dessa estrutura, até a estrutura óssea correspondente, sendo essa orientação seguida para todas as espécies, após a determinação das homologias. Dentro deste mesmo princípio, buscou-se padronizar os termos utilizados na descrição anatômica, como “profundo”, “desenvolvido”, para estruturas osteológicas de difícil mensuração, como fossas ou cristas, sempre de maneira comparativa.

Os espécimes utilizados nesse trabalho foram: *Mycteria americana*: (USNM 622462, macho imaturo – US Flórida; USNM 610613, macho adulto – US Arkansas; USNM 18257, macho adulto – US Flórida; USNM 345765, macho imaturo – Brasil, Mato Grosso; USNM 16295, sexo desconhecido – US Flórida;

USNM 500884, sexo desconhecido, imaturo – US Flórida; USNM 622460, macho imaturo, US Flórida; USNM 622473, fêmea adulta, US Flórida; USNM 488620, fêmea adulta, US Geórgia; USNM 22648 sexo desconhecido, US Flórida; USNM 343842, sexo desconhecido, Panamá; USNM 343841, sexo desconhecido, Panamá; USNM 559317, sexo desconhecido, Guiana; USNM 19616, sexo desconhecido, US Flórida; USNM 10001, sexo desconhecido, Brasil, Rio Grande); *Mycteria cinerea*: (USNM 345229, fêmea, cativo NZ; USNM 430169, fêmea, cativo NZ; USNM 347791, fêmea, cativo NZ); *Mycteria ibis*: (USNM 488126, macho, Tanzânia; USNM 488127, macho, Tanzânia; USNM 431651, fêmea, Rhodesia; USNM 488125, fêmea, Tanzânia); *Mycteria leucocephala*: (USNM 432506, macho, cativo; USNM 432507, fêmea, cativo).

## RESULTADOS

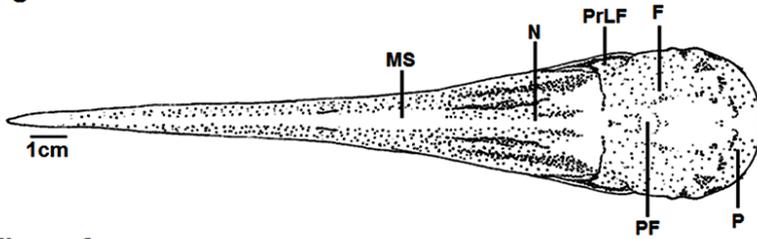
**Ossa cranii** - A região frontal de *Mycteria americana* (*Os frontale* – F, Figs. 1-4) ocupa grande parte do teto craniano, cerca de metade do comprimento total da caixa craniana. A largura interorbital é cerca de 85% da largura da região parietal, razão também observada nas demais espécies. Na região frontal, o processo lacrimal do frontal (PrLF, Figs. 1 e 2) é presente em *M. americana*, e ausente nas demais espécies. A região frontal articula-se com a região nasal rostralmente por meio da zona flexória craniofacial (Zona Flexória Craniofacial – ZFC, Figs. 5 e 7), não fusionada, apresentando uma proeminência rostral do osso frontal (Proeminência Frontal – PF, Figs. 1-3) em todas as espécies analisadas. A região frontal continua caudalmente com a região parietal e caudolateralmente continua-se com o robusto processo pós-orbital. A parte proximal do lacrimal tem cerca de 1/5 da largura da parte distal em todas as espécies estudadas.

A região parietal (*Os parietale* – P, Figs. 1-4) encontra-se limitada ventrolateralmente com a região esquamosal por meio da crista temporal superior (CTS, Figs. 5 e 7), inconspícua nas espécies estudadas. Caudolateralmente contata-se com a região occipital por meio da acentuada crista nugal transversa (*Crista nuchalis transversa* – CNT, Fig. 7), em sua região mediana continua-se com a região supra-occipital.

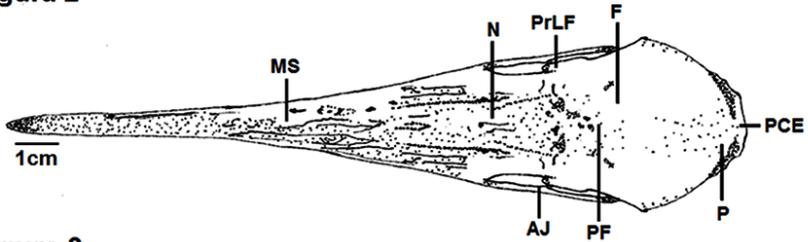
A região esquamosal (*Os squamosum* – S, Fig. 8) é delimitada dorsolateralmente pela crista temporal superior (CTS, Figs. 5 e 7) que ocupa grande parte da porção lateral do crânio, caudalmente ao processo pós-orbital, caudoventralmente pelo meato acústico externo (*Meatus acusticus externus* – MAE, Fig. 12) e pelo pronunciado processo suprameático (*Proc. suprameaticus* – PrSM, Figs. 5-7) desenvolvido em *M. cinerea* e *M. leucocephala* e reduzido em *M. ibis* e *M. americana*. Ainda na porção lateral do crânio, foi observado nas espécies estudadas uma emarginação da borda rostródorsal do processo pós-orbital (EPrPO, Figs. 6).

A fossa temporal (*Fossa temporalis* – FT, Figs. 5-8) é profunda em toda

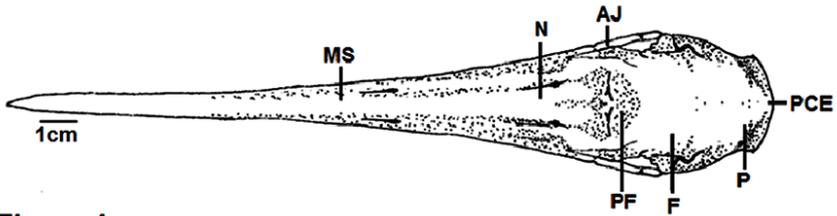
**Figura 1**



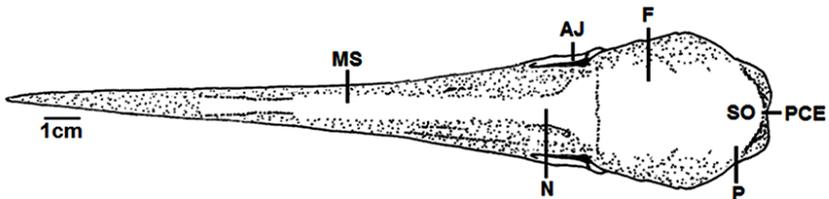
**Figura 2**



**Figura 3**



**Figura 4**



Vista dorsal do crânio. **Figura 1:** *Mycteria americana*. **Figura 2:** *Mycteria cinerea*. **Figura 3:** *Mycteria ibis*. **Figura 4:** *Mycteria leucocephala*; AJ: arco jugal; F: frontal; MS: maxila superior; N: nasal; P: parietal; PCE: proeminência cerebelar; PF: proeminência frontal; PrLF: processo lacrimal do frontal; SO: supra-occipital.

sua extensão, sendo mais longa rostrocaudalmente que larga em todas as espécies; apresenta-se mais rasa em *M. americana* e *M. cinerea* e mais profunda em *M. ibis* e *M. leucocephala*. A fossa temporal é delimitada dorsalmente pela crista temporal superior (CTS, Figs. 5 e 7) e ventralmente pela crista nucal transversa (CNT, Fig. 7).

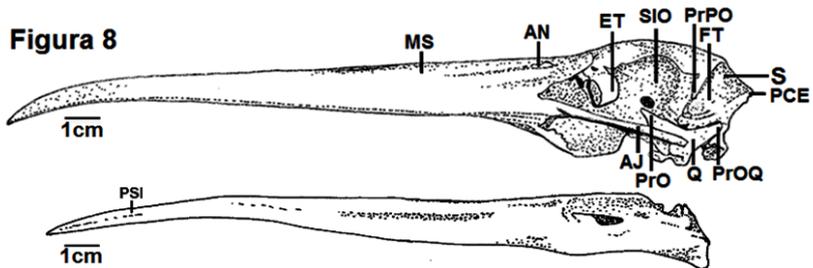
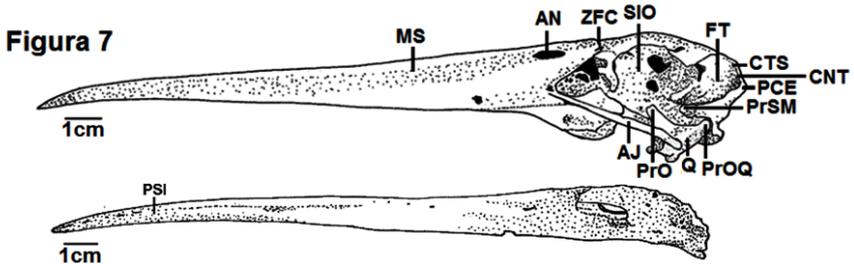
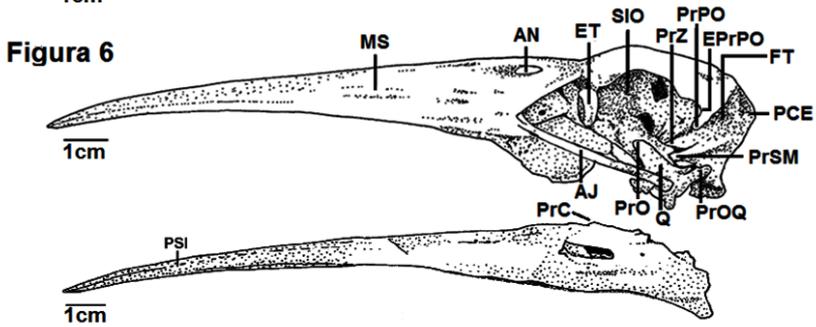
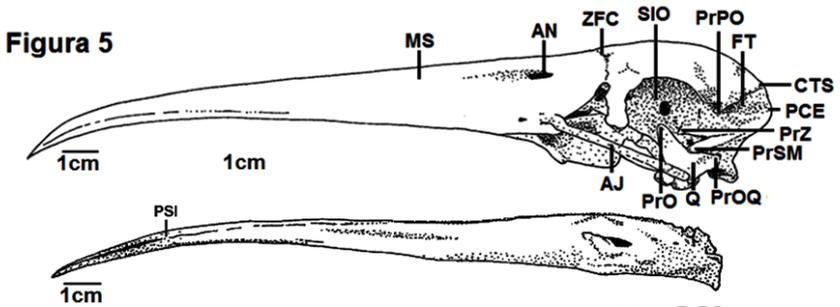
A região esquamosal projeta-se rostralmente e forma o processo zigomático (*Proc. zigomaticus* – PrZ, Figs. 5 e 6). Este processo apresenta-se longo e alargado em sua base e tem forma de um triângulo característico, levemente torcido sobre si mesmo, ocupando cerca de 60 a 70% da distância entre a sua origem no crânio e a barra jugal em todas as espécies de *Mycteria*. O processo zigomático possui as faces dorsal, ventral, lateral e medial bem delimitadas, evidenciando os locais de origem dos músculos adutores mandibulares externos (*m. adductor mandibulae externus rostralis lateralis* e *medialis*). A região esquamosal delimita-se rostromedialmente com a região laterosfenóide e rostrodorsalmente com a região frontal por meio do processo pós-orbital (*Proc. postorbitalis* – PrPO, Figs. 5, 6 e 8). Este processo é robusto, com base larga, e curto nas espécies estudadas.

A região occipital compreende os ossos supra-occipital (*Os supraoccipitale* – SO; Fig. 4), exoccipital (*Os exoccipitale* – EX; Fig. 10) e basioccipital (*Os basioccipitale*) fusionados. Limita-se dorsolateralmente com a região esquamosal por meio do meato acústico externo e da crista nucal transversa. A região do osso exoccipital delimita-se com a ala timpânica (*Cavum tympanicum*) por meio do pronunciado processo paraoccipital (*Proc. paraoccipitalis*). O seu limite com a região basioccipital é marcado pela presença dos forâmens dos nervos *glossopharyngealis*, *vagie canalis*, *hypoglossi* e de canais vasculares das artéria *carotíci*, *ophthalmici externi* e pelo processo condilar (*proc. condylaris*). O osso basioccipital apresenta o conspícuo côndilo occipital (*Condylus occipitalis* – CO, Figs. 9-12) e a profunda fossa subcondilar (*Fossa subcondylaris*), esta fossa é circundada por dois tubérculos basilares bem desenvolvidos (*Tuberculum basilare*). Caudomedialmente observa-se o largo forame magno (*Foramen magno* – FoMa, Figs. 9-12). A proeminência cerebelar (Proeminência cerebelar – PCE, Figs. 2-8 e 11) da região do osso supra-occipital é saliente e afilada nas espécies de *Mycteria*.

A região basioccipital continua-se rostralmente com a região basisfenóide por meio do tubérculo basilar. A região basisfenóide (*Os basisphenoidale* – BS, Figs. 9, 11 e 12) é alargada em sua base, mas se estreita rostralmente para se fundir com a região paraesfenóide. Essas duas regiões somadas à região basioccipital formam o assoalho da caixa craniana.

Da região do osso paraesfenóide (*Os parasphenoidale*) destaca-se a projeção do rostro paraesfenoidal (*Rostrum parasphenoidale* – RP, Figs. 9-11), que atinge cerca de 50% da distância do côndilo occipital e o *pes pterygoidei* em todas as espécies analisadas.

O ectetmóide (*Os ectethmoidale* – ET, Figs. 6 e 8) é reduzido nas espécies de *Mycteria*. Possui um processo distal afilado dorsoventralmente, também



reduzido nas espécies estudadas. Em sua *facies nasalis*, rostrolateralmente funde-se com a face caudolateral da região do osso frontal e lacrimal. Rostro-medialmente funde-se com a região rostral do septo interorbital.

O septo interorbital (*Septuminterorbitale* – SIO, Figs. 5-8) delimita-se dorsalmente com a região do osso frontal por meio do sulco olfatório (*Sulcus olfactorii*) e do evidente forâmen orbitonasal medial (*Foramen orbitonasale mediale*). Limita-se rostrolateralmente com o osso ectemóide e ventrolateralmente contata-se ao rostro paraesfenóide e ao palatino, e ventrolateralmente com o pterigóide, em todas as espécies estudadas.

A região laterosfenóide localiza-se na porção caudal da órbita, estende-se da porção caudal do septo interorbital até a face lateral da região esquamosal. Em sua *facies temporalis*, porção dorsolateral da região laterosfenóide, observa-se lateralmente o processo pós-orbital. Em sua *facies cerebralis*, medialmente disposta ao processo pós-orbital, destaca-se uma depressão característica da região laterosfenóide. Constata-se ventromedialmente à fossa temporal, o tubérculo “T” saliente em *M. americana* e *M. cinerea*, sendo reduzido em *M. ibis* e *M. leucocephala*. Ventralmente a este tubérculo observa-se que o forâmen do nervo maxilomandibular é extremamente largo em todas as espécies estudadas. Dorsalmente a este forâmen observa-se o do nervo oftálmico, com calibre menor que o primeiro.

Na porção medial da órbita (*pars medialis orbitae*), porção dorsomedial da região laterosfenóide, destaca-se o fontículo orbito cranial (*Fonticuli orbito cranialis*), de tamanho variável entre as espécies, que atinge também a porção medial da órbita, porção caudal do septo interorbital. A região laterosfenóide é delimitada ventrolateralmente pelo processo zigomático da região esquamosal e medialmente delimita-se com o septo interorbital por meio do fontículo orbito cranial.

**Ossa faciei** - A maxila (MS, Figs. 1-8) é formada pela fusão dos ossos pré-maxilares (*Os premaxillare*), maxilares (*Os maxillare*) e nasais (*Os nasale*), contribui com cerca de 70 a 75% do comprimento total do crânio em *Mycteria*. As narinas (AN, Figs. 5-8) têm um formato oval e caracterizam-se como do tipo

---

Vista lateral do crânio e mandíbula. **Figura 5:** *Mycteria americana*. **Figura 6:** *Mycteria cinerea*. **Figura 7:** *Mycteria ibis*. **Figura 8:** *Mycteria leucocephala*. **AJ:** arco jugal; **AN:** abertura nasal; **CNT:** crista nugal transvesal; **CTS:** crista temporal superior; **EPrPO:** emarginação do processo pós-orbital; **ET:** ectemóide; **FT:** fossa temporal; **MS:** maxila superior; **PCE:** proeminência cerebelar; **PrC:** processo coronóide; **PrO:** processo orbital do quadrado; **PrOQ:** processo ótico do quadrado; **PrPO:** processo pós-orbital; **PrSM:** processo suprameático; **PrZ:** processo zigomático; **PSI:** parte sinfisial da mandíbula; **Q:** quadrado; **S:** esquamosal; **SIO:** septo interorbital; **ZFC:** zona flexória craniofacial.

holorrina nas espécies estudadas. O comprimento das narinas estende-se até próximo à zona flexória craniofacial, onde é delimitado pelo processo maxilar do nasal (*proc. Maxillaris os nasale*) dorsomedialmente. O processo maxilar lateral do nasal (*processus maxillaris lateralis Os nasale*) é largo, curto e inclinado, as barras dorsais do processo maxilar do nasal, que é longo, afinam-se rostralmente e delimitam a porção dorsocaudal da narina, sendo de configuração homogênea nas espécies consideradas.

**Ossa palati** - A região do palato é formada pelos ossos palatinos, pterigóides e vômer. O processo maxilar do palatino (*Proc. maxillaris*) conecta a lamela caudolateral palatina à base da maxila. Este processo é curto e estreito em sua extensão em todas as espécies analisadas.

A lâmina caudolateral palatina (*Lamella caudolateralis*) da *pars lateralis* é delimitada medialmente pela proeminente crista ventral palatina (*Crista ventralis* – CrV, Fig. 10) da *pars choanalis*, pelo processo transpalatino (PrPP, Figs. 10 e 11) e lateralmente pela crista lateral palatina (*Crista lateralis* – CrL, Figs. 9-12), entre as cristas lateral e ventral do palatino observa-se uma profunda fossa ventral palatina (*Fossa ventralis*). Assim, a fossa ventral palatina é extensa e profunda e forma a maior parte da lamela caudolateral palatina, sendo larga em *Mycteria*. A fossa ventral palatina possui uma projeção nas extremidades caudais - PrjFV, Fig.10) em *M. ibis* e *M. leucocephala*, ausente nas demais espécies estudadas.

A articulação com o pterigóide faz-se dorsolaterocaudalmente, por meio da *pars pterygoidea* palatina. As cristas ventrais palatinas são curtas nas espécies analisadas, e o processo transpalatino está ausente em *M. cinerea* e *M. ibis* e presente em *M. leucocephala* e *M. americana*.

O processo maxilopalatino é curto nas espécies de *Mycteria*.

O processo pterigóide do palatino (PrPP, Figs. 10 e 11) é curto em *M. cinerea*, *M. ibis*, *M. leucocephala* e longo em *M. americana*.

O processo dorsal do pterigóide está presente em *M. cinerea* e *M. ibis* e ausente em *M. americana* e *M. leucocephala*.

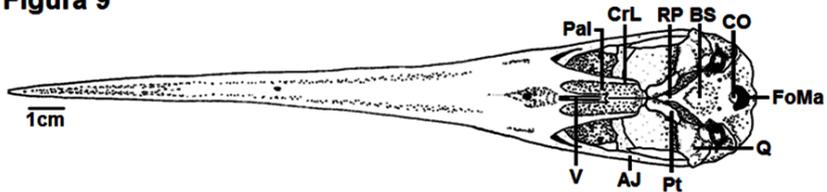
O vômer (V, Figs. 9-12) é pontiagudo rostralmente e apresenta-se como uma lâmina longa, achatada lateralmente e estreita nas espécies de *Mycteria*.

O osso quadrado articula-se com o palato, caixa craniana e mandíbula desempenhando um papel fundamental na cinética craniana. Apresenta um corpo quadrático (*Corpus ossi quadrati* – Q, Figs. 5-10 e 12) central de onde partem três processos: orbital, ótico e mandibular.

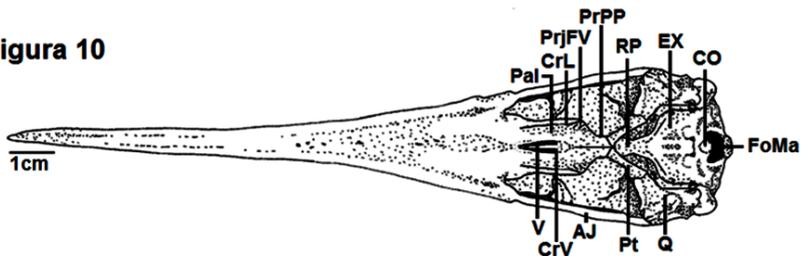
O processo orbital do quadrado (*Proc. orbitalis* – PrO, Figs. 5-8) projeta-se rostromedialmente na órbita, afinando-se tenuamente e terminando na forma de bulbo, apresentando-se largo e mais longo em todas as espécies de *Mycteria*.

O processo ótico do quadrado (*Proc. oticus* – PrOQ, Figs. 5-8) é alargado a partir do corpo quadrático, sendo desenvolvido em *Mycteria*. Articula-se com a caixa craniana em dois locais distintos: 1) por meio do processo ótico externo (*Capitulum squamosum*), apoiado na face ventrocaudal do processo zigomático,

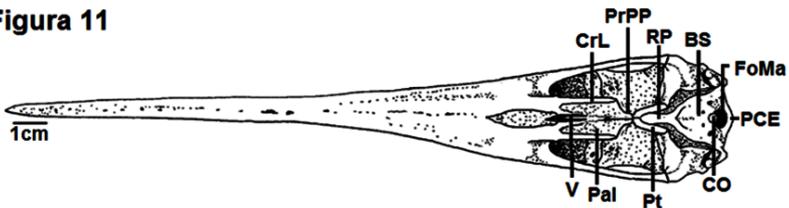
**Figura 9**



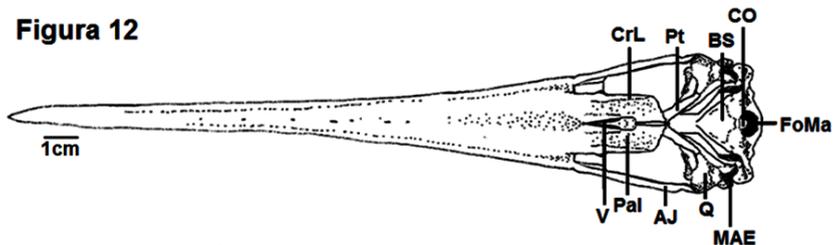
**Figura 10**



**Figura 11**



**Figura 12**



Vista ventral do crânio: **Figura 9:** *Mycteria americana*. **Figura 10:** Vista ventral do crânio de *Mycteria cinerea*. **Figura 11:** *Mycteria ibis*. **Figura 12:** *Mycteria leucocephala*. **AJ:** arco jugal; **BS:** região basisfenóide; **CO:** côndilo occipital; **CrL:** crista lateral palatina; **CrV:** crista ventral do palatino; **EX:** exoccipital; **FoMa:** forame magno; **MAE:** meato acústico externo; **Pal:** palatino; **PrPP:** processo pterigoide do palatino; **PrjFV:** projeção nas extremidade caudais da fossa ventral palatina; **Pt:** pterigóide; **Q:** quadrado; **RP:** rosto paraesfenóide; **V:** vômer.

e 2) por meio do processo ótico interno (*Capitulum oticum*) que se articula com as *cotylae quadrática* e *otici* dos ossos proótico e opistótico, processos de configuração similar entre as espécies estudadas.

Os capítulos externo e interno do processo ótico do quadrado são desenvolvidos nas espécies de *Mycteria*.

O processo mandibular do quadrado apresenta quatro côndilos distintos: o côndilo medial (*Condylus medialis*), arredondado em todas as espécies analisadas, o côndilo lateral (*Condylus lateralis*), longo e mais robusto que o medial, articulando-se com a barra jugal lateralmente a partir de um processo dorsal, o côndilo caudal (*Condylus caudalis*), uma extensão do côndilo lateral, sendo fusionado ele, e o côndilo pterigóide, localizado medialmente, que articula-se com o pterigóide por meio de sua face articular quadrática.

O côndilo caudal do quadrado é maior que o medial em *M. cinerea*, ocorrendo o oposto nas demais espécies de *Mycteria*.

O côndilo lateral do quadrado possui ainda a cótila quadratojugal (*Cotyla quadratojugal*) que se articula com o côndilo quadrático da barra jugal, trata-se de uma sutil depressão por onde se articula a barra jugal com o quadrado, sendo conspícua nas espécies estudadas. A face medial do quadrado, particularmente aquela relativa ao corpo quadrático, possui uma fossa característica, mais larga que profunda em todas as espécies.

O pterigóide (*Pterygoideum* – Pt, Figs. 9-12) tem uma expansão rostral que se alarga rostródorsalmente, articula-se com o palatino dorsolaterocaudalmente por meio de uma estrutura denominada *pes pterygoidei*, observada em todas as espécies estudadas. De uma forma geral, o pterigóide apresenta-se como uma lâmina relativamente achatada e disposta obliquamente na órbita. Articula-se laterocaudalmente com o osso quadrado por meio da *facies articularis quadratica* do processo quadrático do pterigóide (*Proc. quadraticus*), desenvolvido em todas as espécies de *Mycteria*.

A barra jugal apresenta o côndilo quadrático (*Condylus quadraticus*) que se articula com a cótila quadratojugal, nas espécies observadas.

**Ossa mandibulae** - A parte sinfisial mandibular (*Pars symphysialis mandibulae*) ocupa cerca de 50 a 60% do comprimento total da mandíbula nas espécies estudadas. A parte intermediária (*Pars intermedia*) possui uma fenestra mandibular bem desenvolvida, mas rasa em toda a sua extensão nas espécies analisadas; e a parte caudal (*Pars caudalis*) abriga a musculatura que movimenta a mandíbula, além de ser a área de articulação com o osso quadrado, importante estrutura da cinética mandibular.

Na região dorsal da mandíbula observa-se o bem desenvolvido processo coronóide (*Proc. coronoideus* – PrC, Fig. 6), região do osso supra-angular (*Os supra-angulare*), na altura da porção caudal da fenestra mandibular. O processo coronóide é inconspícuo em *Mycteria*.

Na região dorsocaudal da mandíbula pode ser observada a *crista intercotylaris*, pronunciada nas espécies de *Mycteria*.

A cótila lateral (*Cotyla lateralis*) e a cótila medial (*Cotyla medialis*) mostram-se conspícuas em todas as espécies analisadas. O bem desenvolvido processo medial (*Proc. medialis mandibulae*) projeta-se dorsomedialmente, sendo largo em sua base afilando-se distalmente nas espécies estudadas.

A região medial da mandíbula (*Tuberculum pseudotemporale*) é conspícuo nas espécies estudadas.

Na região caudal destaca-se a fossa caudal (*Fossa caudalis*), bem desenvolvida em todas as espécies, delimitando-se lateralmente com a crista lateral, medialmente com a crista medial e dorsalmente com a *crista transversa fossae*.

O processo retroarticular (*Proc. retroarticularis*) está ausente em *Mycteria*.

## DISCUSSÃO

A zona flexória craniofacial de todas as espécies de *Mycteria* apresenta uma nítida articulação entre os ossos frontal e nasal. Essa região, conhecida pelo estreitamento caudal dos ossos nasais, é responsável pela maior parte do cinetismo craniano (ZUSI, 1984). A discussão da zona flexória como caráter requer uma análise deste cinetismo tendo em vista que os movimentos de abertura e fechamento do bico dependem da conformação e estrutura de esta zona. Todos os espécimes estudados apresentam em relação a narina a condição holorrina (GARROD, 1873) onde geralmente o osso mesetmóide não está associado ao septo nasal (condição procinetica, segundo BOCK (1964) e ZUSI (1984)), e de forma geral, apresentam narinas pequenas, pré-maxilares fortemente fundidos ao nasal, e ambos inteiramente calcificados.

Segundo ZUSI (1993), os termos holorrinia e esquizorrinia, propostos por BOCK e MCEVEY (1969) enfatizam as diferenças funcionais entre os dois tipos, e todas as espécies analisadas no presente estudo, decorrente da condição holorrina da narina, apresentam procinetismo, caracterizado pela maxila rígida e em si inflexível, apenas movimentando-se em relação à zona flexória craniofacial, sendo a região nasal-frontal a única região de flexão existente, conectando a maxila à caixa craniana (BOCK, 1966).

A fossa temporal é mais longa do que larga em todas as espécies, sendo profunda nas espécies derivadas como *M. ibis* e *M. leucocephala* ao passo que em espécies mais basais como *M. americana* e *M. cinerea* ela é mais rasa. Aliado a isso, o processo pós-orbital é curto nas espécies de *Mycteria* quando comparada as demais espécies de Ciconiidae. ZUSI (1984) comenta que a presença do ligamento pós-orbital, aliada à ação do quadrado e dos músculos que movimentam as maxilas, permite a abertura da maxila e mandíbula juntas num só movimento. O intrincado sistema de alavancas pode ter redefinido a ação muscular, abrigando potentes músculos adutores mandibulares, podendo oferecer proteção aos olhos e imprimindo mais velocidade e sincronismo, aumentando assim o sucesso no comportamento de forrageamento das espécies

que a possuem.

Os ossos palatinos formam a maior porção do palato das aves. Ligam-se rostralmente aos maxilares, ou premaxilares, e estendem-se caudalmente, articulando-se com os ossos pterigóides (ZUSI, 1993). Segundo BOCK (1964 e 1966) o palatino funciona como uma área de origem para vários músculos e ligamentos, sendo de suma importância na cinese craniana para transmitir força e direcionar os movimentos da mandíbula à maxila. A forma e a espessura do palatino estão associadas ao tamanho e à força da maxila, bem como à resistência da musculatura, comenta esse mesmo autor.

No presente estudo foram considerados cinco caracteres diretamente relacionados ao palatino; Processo maxilopalatino; Crista lateral palatina; Processo pterigóide do palatino; Crista ventral palatina e Fossa ventral palatina, demonstrando a importância dessa estrutura, o que foi destacado nos trabalhos de HUXLEY (1867), PARKER (1875) e TORDOFF (1954) que discutem a importância da região do palato, utilizando as diferentes condições para agrupar diferentes táxons de aves. Entre os quatro tipos de estruturas palatais em aves considerados atualmente, os Struthioniformes, Rheiformes, Casuariformes e Apteriformes apresentam a condição paleognata, considerada mais primitiva. Os Passeriformes e os Apodiformes são considerados egitognatos, uma forma modificada da condição neognata. Os Anseriformes, Pelecaniformes e Psittaciformes são desmognatos, sendo esta condição caracterizada por uma fusão mediana dos processos maxilopalatinos. As demais ordens de aves são neognatas (ou esquizognatas) (WEBB *et al.*, 1979).

O presente trabalho corrobora os dados levantados por WOOD (1984) e SLIKAS (1997), onde *Leptoptilos* está mais próximo de *Mycteria* do que com o clado formado pelas espécies de *Ephippiorhynchus* e *Jabiru*. Os dados reunidos por KAHL (1971 e 1972) não o permitem concluir sobre o relacionamento filogenético entre as espécies de *Mycteria*, mas permitem afirmar sua monofilia, como também é observada pelo presente estudo.

A hipótese de relacionamento filogenético entre as espécies de *Mycteria* obtida por SLIKAS (1997) através da hibridização DNA-DNA, apoia a hipótese obtida por este estudo. Aliado a isso, no presente estudo *Mycteria leucocephala* e *M. ibis* são as espécies mais próximas entre si dentro do gênero, corroborando os dados obtidos por WOOD (1984).

## CONCLUSÕES

A monofilia de *Mycteria* pode ser proposta com base nos seguintes caracteres cranianos: 1) processo medial da mandíbula medialmente disposto e 2) tubérculo pseudotemporal desenvolvido, quando comparado com as demais espécies de Ciconiidae. *Mycteria ibis* e *M. leucocephala* são grupos-irmãos sustentados pela presença de: 1) fossa temporal profunda, 2) tubérculo "T" reduzido e 3) expansão caudal da fossa *coanalis*, quando comparada as demais

espécies de Ciconiidae. Das espécies estudadas, a mais basal foi *M. cinerea*, e *M. ibis* e *M. leucocephala* são o grupo-irmão de *M. americana*, sustentado pela presença da fusão total do lacrimal ao frontal, ao passo que nas demais espécies de Ciconiidae a sutura entre esses ossos é visível.

### AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos curadores da coleção osteológica da Divisão de Aves do *Smithsonian Institution, National Museum of Natural History* (USNM) por permitir o amplo acesso aos espécimes descritos nesse estudo. Agradecem também a German Arturo Bohorquez Mahecha pela cuidadosa revisão do manuscrito.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, D.S. 1997 - **Elementos básicos de sistemática filogenética**. Sociedade Brasileira de Entomologia, São Paulo. 314p.
- AVISE, J.C.; NELSON, W.S. e SIBLEY, C.G. 1994 - DNA sequence support for a close phylogenetic relationship between some storks and New World vultures. *Proceedings National Academy Sciences USA* 91: 5173-5177.
- BAUMEL, J.; KING, A.S.; LUCAS, A.M.; BREAZILE, J.E. e EVANS, H.E. 1993 – **Nomina anatomica avium**. Academic Press, London. 637p.
- BOCK, W.J. 1964 - Kinetics of the avian skull. *Journal of Morphology* 114(1): 1-52.
- BOCK, W.J. 1966 - An approach to the functional analysis of bill shape. *The Auk* 83: 10-51.
- BOCK, W.J. e MCEVEY, A. 1969 - Osteology of Pedionomustorquatus (Aves: Pedionomidae) and its allies. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 82(2): 187-232.
- BURTON, P.J.K. 1984 - Anatomy and evolution of the feeding apparatus in the avian orders Coraciformes and Piciformes. *Bulletin British Museum (Natural History) Zoology* 47(6): 331-443.
- DEL HOYO, J.; ELIOTT, A. e SARGATAL, J. (Eds.). 1992 - **Handbook of the birds of the world**. Lynx, Barcelona. 879p.
- DONATELLI, R.J. 1992 - Cranial osteology and myology of the jaw apparatus in the Galbulidae (Aves, Piciformes). *Papéis Avulsos de Zoologia* 32: 1-32.
- DONATELLI, R.J. 1996 - The jaw apparatus of the neotropical and of the afrotropical woodpeckers (Aves: Piciformes). *Papéis Avulsos de Zoologia* 33: 1-70.
- DONATELLI, R.J. 1997 - Osteologia e miologia cranianas de Dendrocolaptidae (Passeriformes, Tyranni). Gêneros *Glyphorhynchus*, *Campylorhynchus*, *Dendrocincla*, *Xiphorhynchus* e *Dendrocolaptes*. *Ararajuba Revista Brasileira de Ornitologia* 5: 19-37.

- FEDUCCIA, A. 1973 - Evolutionary trends in the Neotropical ovenbirds and woodhewers. ornithological monographs. *American Ornithologists' Union* 3: 1-69.
- FLAUSINO JR., O.A.; DONATELLI, R.J. e PASCOTTO, M.C. 1999 - Osteologia e miologia cranianas de Momotusmomota (Coraciformes: Momotidae). *Ararajuba Revista Brasileira de Ornitologia* 7(2): 109-124.
- GARROD, A.H. 1873 - On the value in classification of a peculiarity in the anterior margin of the nasal bones of certain birds. *Journal of Zoology Proceedings of the Zoological Society of London* 1873: 33-38.
- HANCOCK, J.A.; KUSHLAN, J. e KAHL, M.P. 1992 - **Storks, ibises, and spoonbills of the world**. Academic Press, San Diego 385p.
- HELBIG, A.J. e SEIBOLD, I. 1996 - Are storks and new world vultures paraphyletic? *Molecular Phylogenetics and Evolution* 6(2): 315-319.
- HÖFLING, E. e GASC, J.P. 1984 - Biomécanique du crâne et du bec chez Rhamphastos (Aves, Ramphastidae). *Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch* 130: 125-147.
- HOWARD, R. e MOORE, A. 1998 - **A complete checklist of the birds of the world**. Academic Press, San Diego. 630p.
- HUXLEY, T.H. 1867 - On classification of birds, and on the taxonomic value of the modifications of certain of the cranial bones observable in that class. *Journal of Zoology Proceedings of the Zoological Society of London* 1867: 415-472.
- JOLLIE, M. 1957 - The read skeleton of the chickens and remarks on the anatomy of this region in other birds. *Journal of Morphology* 100: 389-436.
- KAHL, M.P. 1972 - A revision of the family Ciconiidae (Aves). *Journal of Zoology* 167: 451-461.
- KAHL, M.P. 1963 - Thermoregulation in the wood stork, with special reference to the role of the legs. *Physiology and Zoology* 36: 141-151.
- KAHL, M.P. 1971 - Social behavior and taxonomic relationships of the storks. *Living Bird* 10: 151-170.
- LADEIRA, L. M. C. E. B e HÖFLING, E. 2007 - Cranial osteology of Bucconidae. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 2(1): 117-153.
- LIVEZEY, B.C. 1986 - A phylogenetic analysis of recent anseriformes genera using morphological characters. *The Auk* 103: 737-754.
- LIVEZEY, B.C. 1991 - A phylogenetic analysis and classification of Recent dabbling ducks (TibeAnatini) based on comparative morphology. *The Auk* 108: 471-507.
- MARCELIANO, M. L. V.; DONATELLI, R. J. e POSSO, S. R. 2007 - Osteologia craniana de *Geotrygon montana* (Linnaeus, 1758) (Columbiformes: Columbidae) comparada com os Columbiformes do Novo Mundo. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 2(3): 21-31.

- MARCELIANO, M.L.; DONATELLI, R.J.; HÖFLING, E. e POSSO, S.R. 1997 - Osteologia e miologia cranianas de Psophiidae (Aves, Gruiformes). *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 13(1): 12-38.
- MÉNDEZ, A. e HOFLING, E. 2007 - Osteologia craniana de Cerylinae (Coraciiformes: Alcedinidae). *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 2(1): 155-182.
- PARKER, W.K. 1975 - On aegithognathous birds (Part I). *Transactions of the Zoological Society of London* 9: 289-352.
- PASCOTTO, M.C.; HÖFLING, E. & DONATELLI, R.J. 2006 - Osteologia craniana de Coraciiformes (Aves). *Revista Brasileira de Zoologia* 23(3): 841-864.
- PETERS, J.L. 1931 - **Check-list of the birds of the world I**. Harvard University Press, Cambridge. 345p.
- POSSO, S. R. e DONATELLI, R. J. 2007 - Cranial osteology and systematic considerations in Coccozyinae (Cuculidae). *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 2(1): 87-116.
- SIBLEY, C.G. e AHLQUIST, J.E. 1990 - Classification of birds based on DNA-DNA hybridization; pp 253-264. In: SIBLEY, C.G. e AHLQUIST, J.E. (Eds.), **Phylogeny an classification of birds: a study in molecular evolution**. Yale University Press, New Haven.
- SILVEIRA, F. L. e HÖFLING, E. 2007 - Cranial osteology in Tinamidae (Birds: Tinamiformes), with systematic considerations. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 2(1): 15-54.
- SLIKAS, B. 1997 - Phylogeny of the avian family Coniidae (Storks) based on Cytochrome b sequences and DNA-DNA hybridization distances. *Molecular Phylogenetics & Evolution* 8(3): 275-300.
- SLIKAS, B. 1996 - **Phylogeny and evolution of the avian family Ciconiidae, the storks**. Ph.D. Thesis. University of Pennsylvania. Philadelphia, Pennsylvania.
- THOMAS, B.T. 1988 - A comparison of the Maguari Stork, Ciconiamaguari, with the White Stork, *Ciconia ciconia*. *Gerfaut* 78: 113-119.
- TORDOFF, H.B. 1954 - A systematic study of the avian family Fringillidae based on the structure of the skull. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan* 81: 1-41.
- VAN DEN BERGE, J.C. 1970 - A comparative study of the appendicular musculature of the order Ciconiiformes. *American Midland Naturalist* 84: 289-364.
- VERHEYEN, R. 1959 - Contribution à l'anatomie et à la systematique de base des Ciconiiformes (Parker 1868). *Bulletin Institut Royal Sciences Naturelle Belgique* 35:1-34.
- WEBB, M. 1957. The ontogeny of the cranial bones, cranial peripheral and cranial parasympathetic nerves, together with a study of the visceral muscles of *Struthio*. *Acta Zoologica. (Stockholm)* 38: 81-203.

- WOOD, D.S. 1983 - Phenetic relationships within the Ciconiidae (Aves). *Annals of the Carnegie Museum* 52: 79-112.
- WOOD, D.S. 1984 - Concordance between classifications of the Ciconiidae based on behavioral and morphological data. *Journal of Ornithology* 125: 25-37.
- ZUSI, R.L. 1984 - A functional and evolutionary analysis of rhynchokinesis in birds. *Smithsonian Contributions Zoology* 395: 1-40.
- ZUSI, R.L. 1993 - Patterns of diversity in the avian skull; pp 391-437. In: HAKEN, J. e HALL, B.K. (Eds.), **The skull**. Chicago University Press, Chicago.