

# **ESTUDO DA MORFOLOGIA DOS OSSOS TÍMPANO-PERIÓTICOS DE CETÁCEOS DA SUB-ORDEM ODONTOCETI (MAMMALIA: CETACEA)**

Morphologic study of the tympanoperiotic bones of cetaceans from the sub-order Odontoceti (*Mammalia: Cetacea*)

Cristiano Leite Parente<sup>1</sup>, Maria Ivone Mota Alves<sup>2</sup>,  
Manuel Antonio A. Furtado-Neto<sup>3</sup>, Cassiano Monteiro-Neto<sup>4</sup>

## **RESUMO**

Poucos são os estudos taxonômicos ou morfológicos dos ossos tímpano-perióticos, que constituem o ouvido médio e interno dos cetáceos. O presente trabalho tem como objetivo identificar e descrever, numa análise comparativa, as estruturas que formam os ossos tímpano-perióticos de seis espécies de pequenos cetáceos que ocorrem na costa do estado do Ceará, Brasil. Durante o período de janeiro de 1992 a julho de 1996, foram estudados 22 ossos tímpano-perióticos de seis espécies: 15 de *Sotalia fluviatilis*, 2 de *Steno bredanensis*, 1 de *Stenella clymene*, 2 de *Tursiops truncatus*, 1 de *Peponocephala electra* e 1 de *Ziphius cavirostris*. As bulas auditivas foram codificadas e medidas com precisão de 0,05 mm, observando-se 22 características. Também realizou-se, em *S. fluviatilis*, estudo de simetria bilateral através da comparação das medidas das bulas direita e esquerda, utilizando-se o teste multivariado Hotelling's  $T^2$ . Não foi observada variação significativa na simetria dos ossos tímpano-perióticos para *S. fluviatilis*. As relações filogenéticas obtidas pela análise de agrupamento realizada com base nas medidas dos ossos tímpano-perióticos das seis espécies estudadas estão de acordo com árvores filogenéticas obtidas através de análises estatísticas baseadas em seqüências do DNA mitocondrial.

**Palavras chave:** osso tímpano-periótico, morfologia, cetáceos, Odontoceti.

## **ABSTRACT**

Taxonomic or morphologic studies of tympanoperiotic bones, which compose the medium and internal ears of cetaceans, are scarce. The goal of this paper is to identify and to describe the structures that constitute the tympanoperiotic bones of six species of small cetaceans that occur off the coast of Ceará State, Brazil. Between January 1992 and July 1996, 22 sets of tympanoperiotic bones of six species were studied: 15 of *Sotalia fluviatilis*, 2 of *Steno bredanensis*, 1 of *Stenella clymene*, 2 of *Tursiops truncatus*, 1 of *Peponocephala electra* and 1 of *Ziphius cavirostris*. The auditive bules were coded and measured to the 0.05 mm precision, and 22 characteristics were recorded. A study of bilateral symmetry in *S. fluviatilis* was also performed comparing bule measurements using the Hotelling's  $T^2$  statistics. The results were non significant. Phylogenetic relationships among the six studied species based on cluster analysis of tympanoperiotic bones measurements, were in agreement with phylogenetic trees based on mitochondrial DNA sequences.

**Keywords:** tympanoperiotic bone, morphology, cetaceans, Odontoceti.

<sup>1</sup> Engenheiro de Pesca, Pesquisador do Grupo de Estudo de Cetáceos do Ceará (GECC/LABOMAR/UFC), e Assessor Técnico do Centro Mamíferos Marinhos do IBAMA. Estrada do Forte s/n, Caixa postal 01, Ilha de Itamaracá, Pernambuco

<sup>2</sup> Professora Titular do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará (in Memoriam).

<sup>3</sup> Professor Visitante do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, Pesquisador do LABOMAR/UFC.

<sup>4</sup> Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Pesca - UFC, Bolsista do CNPq, Pesquisador do LABOMAR/UFC e Coordenador do GECC; Av. da Abolição 3207, Fortaleza, CE, 60.165-082.

## INTRODUÇÃO

Estudos recentes mostram a ocorrência de várias espécies de cetáceos no litoral do Ceará (Alves-Júnior *et al.* 1995 e 1996; Oliveira *et al.*, 1995; Silva *et al.*, 1996). Estes animais, por estarem muito próximos à costa, estão sujeitos a ação das redes artesanais, as maiores responsáveis pelo grande número de encalhes de animais vivos ou mortos ocorridos nos últimos anos (Almeida & Oliveira, 1996).

Durante o período de janeiro de 1992 a julho de 1996, foram registrados os encalhes de 83 animais pertencentes a 10 espécies de pequenos cetáceos (Alves-Júnior *et al.*, 1996). Muitas vezes, chegando ao local do encalhe, encontram-se animais completamente descarnados por ação humana ou completamente decompostos, restando apenas o esqueleto ou algumas estruturas ósseas, dificultando sua identificação e exigindo a realização de estudos complementares.

A identificação de cetáceos tem sido feita, geralmente, através das características externas (Jefferson *et al.*, 1993; Pinedo *et al.*, 1992). Outra forma de identificar uma espécie de cetáceo é através das peças ósseas provenientes do esqueleto, em especial, os ossos que compõem o crânio (Nishiwaki, 1962; Omura *et al.*, 1970; Omura, 1975; Perrin, 1975; Leatherwood *et al.*, 1982; Benke, 1993). No entanto, tais estudos requerem um conhecimento aprofundado das estruturas que constituem o esqueleto da espécie, para uma correta identificação taxonômica.

São poucos os estudos taxonômicos ou morfológicos dos ossos tímpano-perióticos, que constituem o ouvido médio e interno dos cetáceos. Trabalhos realizados em alguns fósseis e espécies recentes concentraram-se no registro da existência de variações morfológicas interespecíficas (Kellogg 1931 e 1955; Yamada, 1953).

De qualquer modo, Kasuya (1973) informa que os ossos tímpano-perióticos dos Odontoceti estão envolvidos numa adaptação especial para a acústica submarina e têm desenvolvido várias peculiaridades morfológicas as quais, aparentemente, podem ser usadas na taxonomia dessa ordem.

O presente estudo tem como objetivo a identificação e descrição, numa análise comparativa, das estruturas que constituem os ossos tímpano-perióticos de *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853), *Steno bredanensis* (Lesson, 1828), *Stenella clymene* (Gray, 1846), *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), *Peponocephala electra* (Gray, 1846) e *Ziphius cavirostris* (Cuvier, 1823).

## MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foram utilizados 22 ossos tímpano-perióticos das espécies disponíveis no acervo do Grupo de Estudo de Cetáceos do Ceará (G.E.C.C.), do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, sendo 15 exemplares de *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853), 2 exemplares de *Steno bredanensis* (Lesson, 1828), 1 exemplar de *Stenella clymene* (Gray, 1846), 2 exemplares de *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), 1 exemplar de *Peponocephala electra* (Gray, 1846) e 1 exemplar de *Ziphius cavirostris* (Cuvier, 1823).

Todos os animais foram coletados ao longo da costa do Estado do Ceará, mortos por ação das redes de pesca e encontrados encalhados no período de janeiro de 1992 a julho de 1996, tendo em vista que a captura destes animais é proibida por lei federal.

As bulas auditivas foram catalogadas e medidas com paquímetro de precisão igual a 0,05 mm, observando-se 22 características propostas por Kasuya (1973), (tabela I; figuras 1 e 2) e anotando-se também

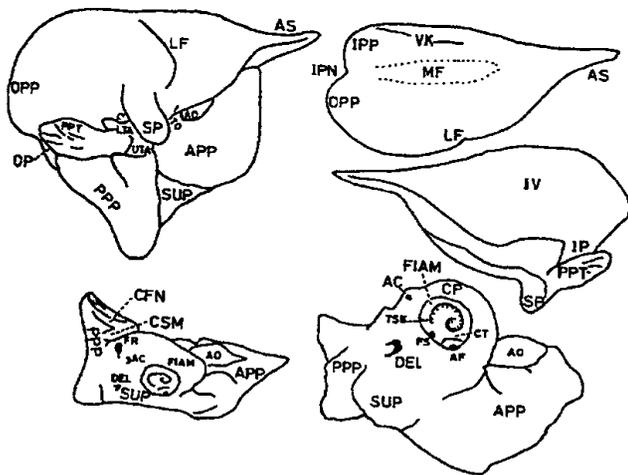
Tabela I: Características para referências merísticas e morfométricas nos ossos tímpano-perióticos da Sub-ordem Odontoceti.

TÍMPANO	PERIÓTICO
1. Comprimento padrão da bula, distância da ponta anterior para o final da proeminência posterior externa;	13. Comprimento padrão do periótico, do todo do processo anterior para o final do processo posterior (medido em uma linha paralela ao bordo cerebral);
2. Distância da ponta anterior para o final da proeminência posterior interna;	14. Espessura do processo superior no nível da abertura timpânica superior;
3. Distância da ponta postero-ventral da proeminência posterior externa até a ponta do processo sigmóide;	15. Largura do periótico transversal a porção coclear e processo superior, no nível da abertura timpânica superior;
4. Distância da ponta postero-ventral da proeminência posterior externa até a ponta do processo cônico;	16. Menor distância entre a margem do fundo do meato auditivo interno e a abertura do duto endolinfático;
5. Largura da bula no nível do processo sigmóide;	17. Menor distância entre a margem do fundo do meato auditivo interno e a abertura do aqueduto coclear;
6. Abertura da bula, da ponta do processo sigmóide para a quilha ventral;	18. Comprimento da faceta articular do processo posterior do periótico para o processo posterior da bula timpânica;
7. Largura entre a proeminência posterior interna e externa;	19. Diâmetro antero-posterior da porção coclear;
8. Maior tamanho do corte interproeminencial;	20. Presença da conexão sutural entre o processo posterior do osso timpânico e o periótico;
9. Largura do bordo superior do processo sigmóide;	21. Presença da conexão sutural entre o processo posterior do osso timpânico e o squamosal;
10. Largura da seção posterior da menor abertura timpânica;	22. Comprimento do periótico demonstrado pela percentagem do comprimento do osso timpânico.
11. Presença do foramen elíptico (se existir, medir o maior diâmetro);	
12. Espessura lateral entre a proeminência posterior externa e interna.	

a porcentagem das medidas secundárias com relação as duas medidas consideradas padrões.

As bulas direita e esquerda de *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853), espécie que apresentou o maior número de exemplares, foram comparadas entre si para verificar a hipótese de que não há diferenças simétricas significativas no plano bilateral. Foi utilizado o teste multivariado Hotelling's  $T^2$  (Norusis, 1988), uma vez que a variável dependente não se resume a uma única medida, mas sim uma série de medidas obtidas para cada bula. Foram excluídas da análise as medidas 12, 20, 21 e 22, já que estas não se enquadram nas premissas do modelo estatístico utilizado.

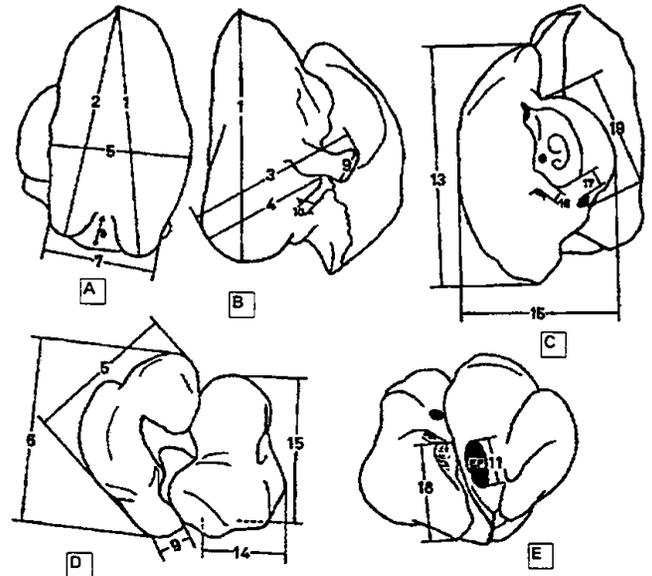
Análise de agrupamento foi utilizada para explorar possíveis relações filogenéticas entre as espécies analisadas. Partindo-se de uma matriz de dados contendo as diferentes medidas por espécie, foi calculada uma matriz de correlação utilizando o coeficiente de correlação de Pearson como medida. A classificação foi conduzida através de uma estratégia de agrupamento que utiliza a distância média entre as unidades classificadas, maximizando as diferenças entre grupos e minimizando as distâncias entre componentes de um mesmo grupo (Clifford & Stephenson, 1975; Norusis, 1988). Não levada em consideração a posição das bulas na caixa craniana, já que em alguns exemplares faltaram as estruturas do lado direito ou esquerdo.



**Figura 1:** Termos morfológicos utilizados no estudo dos ossos tímpano-perióticos de seis espécies da sub-ordem Odontoceti. (AC) Abertura do aqueduto coclear; (AF) Abertura interna do aqueduto Fallopii; (AO) Ossículo acessório; (APP) Processo anterior do periótico; (AS) Espinho anterior; (C) Processo cônico; (CP) Porção coclear; (CFN) canal para o nervo facial; (CSM) Canal para o musculo stapedia; (CT) Crista transversa; (DEL) Abertura do ducto endolinfático; (EF) Foramen elíptico (Fig. 02); (FIAM) Fundo do meato auditivo interno; (FR) Foramen rotunda; (FS) Foramen singular; (IP) Pedículo interno; (IPN) Corte interproeminencial; (IPP) Proeminência posterior interna; (IV), Invólucro; (LF) Sulco lateral; (LTA) Abertura timpânica rebaixada; (MF) Sulco mediano; (OP) Pedículo externo; (OPP) Proeminência posterior externa; (PPP) Processo posterior do periótico; (PPT) Processo posterior do osso timpânico; (SP) Processo sigmóide; (SUP) Processo superior; (TO) Abertura triangular; (TSE) Trato espiral foraminoso; (UTA) Abertura timpânica superior; (VK) Quilha ventral.

Para o cálculo das médias e porcentagens utilizou-se o aplicativo de planilha eletrônica Microsoft Excel/97, enquanto que para as análises estatísticas foi utilizado o programa SPSS/PC for Windows.

A nomenclatura óssea utilizada neste trabalho foi baseada em Fraser & Purves (1960), estando os termos osteológicos marcados em negrito.



**Figura 2:** Representação das características merísticas e morfométricas apresentadas na Tabela 1, nos ossos tímpano-perióticos da sub-ordem Odontoceti. A - Vista do osso tímpano; B - Vista ventral; C - Vista dorsal; D - Vista anterior; E - Vista posterior.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Fraser & Purves (1960), em cetáceos, o osso **periótico** está sempre dissociado do resto do crânio. Durante o desenvolvimento, parte do osso **mastóide** fica fusionado ao **tímpano-periótico** e separado do restante do osso **esquamal**.

No presente trabalho observou-se que os ossos tímpano-perióticos estão localizados na área posterior do **seio peribular**, sendo separados do resto da caixa craniana através do **hiato craniano**. São marcados por uma cartilagem que liga as seguintes estruturas: o **processo mastóide do esquamal**, ao **basioccipital** e ao **exoccipital**. O **processo posterior** do osso **timpânico** e do **periótico** estende-se como que paralelos, unindo-se ao **processo mastóide** do esquamal. O **processo sigmóide** do osso **timpânico** acha-se direcionado à sutura entre o **processo mastóide** do esquamal e o **exoccipital**. A margem antero-lateral do osso **timpânico** está bem próxima da extremidade do **processo falciforme** do esquamal.

Os ossos tímpano-perióticos de todas as espécies estudadas mostraram-se muito semelhantes, possuindo pequenas variações em suas estruturas. Desta

forma, a descrição completa foi exposta aqui para a espécie *Sotalia fluviatilis*, que apresentou um maior número de exemplares, e para as demais, apenas as suas variações.

A tabela II informa sobre as diversas medidas obtidas nas diferentes espécies utilizadas.

### *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853)

#### a) Osso timpânico

A Figura 1 mostra os ossos tímpano-perióticos, identificando os termos morfológicos mencionados nesta seção. Foi observado que o **invólucro** está localizado na região dorsal do osso timpânico, constituindo toda a região próxima ao **processo sigmóide**, uma pequena proeminência com extremidade curvada para a região anterior do osso. Na região posterior, observa-se a **proeminência posterior externa** e a **interna**, sendo que a extremidade da última nunca ultrapassa a base da primeira. Ambas são separadas por um corte **interproeminencial** que se estende até o **sulco mediano** do invólucro cuja presença é pouco perceptível para a espécie. A região ventral possui uma pequena elevação chamada de **quilha ventral**. Localizado postero-lateralmente ao processo sigmóide, o **processo cônico** encontra-se cercado por pequenas aberturas denominadas: **timpânica rebaixada**, **triangular** e **timpânica superior**. Esta última, muitas vezes, não foi observada devido a má conservação do osso. A estrutura que une o osso timpânico ao periótico é o **processo posterior da bula timpânica** e entre o pedículo interno deste e o corte interproeminencial está o **foramen elíptico**, que só não foi observado em dois exemplares de um total de 15 indivíduos.

#### b) Osso periótico

Este osso apresenta uma estrutura compacta, usualmente observam-se três apêndices: o primeiro, chamado de **processo anterior**, normalmente apresenta um espinho em sua extremidade; ao centro está o **processo superior**, que nesta espécie apresenta-se muito delgado, quase inexistente; em seguida, o **processo posterior do periótico** que possui sua região palmar em forma de concha, unindo-se ao osso timpânico. Na região ventral deste osso observou-se dois canais paralelos, onde inserem-se respectivamente o nervo facial e o músculo estapedial. Abaixo destes canais, na região posterior da **porção coclear** existe uma cavidade denominada **foramen rotundo**. Um pouco abaixo e mais externamente, verificou-se a abertura do **aqueduto coclear**. Na região externa da porção coclear está localizada uma grande bacia denominada **fundo do meato auditivo interno**, no qual encontra-se o trato **espiral foraminoso**. Ainda nesta

cavidade, na borda superior, observa-se o **foramen singular** separado da abertura interna do **aqueduto de Fallopii** por uma **crista transversa**. Entre a porção coclear e o processo superior do periótico existe uma cavidade, muito rasa nesta espécie, denominada **abertura do ducto endolinfático**.

#### c) Estudo de simetria bilateral

O teste multivariado Hotelling's  $T^2$ , resultou em um F igual a 6,667 para um grau de liberdade igual a 18. Comparando-se a probabilidade P de  $F=0,297$  a um nível de significância de 0,05, não foram identificadas diferenças significativas na simetria bilateral dos ossos tímpano-perióticos de *Sotalia fluviatilis*.

Estudos da morfometria craniana de delfínidos tem demonstrado a existência de assimetria nos elementos faciais, com um deslocamento para a esquerda dos ossos pré-maxilares, maxilares, nasais e frontal, causando um ligeiro alargamento das estruturas do lado direito (Mead, 1975; Alves-Júnior & Monteiro-Neto, 1999). Segundo Alves-Júnior & Monteiro-Neto (1999), estas características foram plenamente observadas em crânios de *S. fluviatilis*.

Apesar do tamanho amostral reduzido, observamos que os valores das medidas esquerda e direita dos ossos tímpano-perióticos apresentadas na Tabela 2, são bastante semelhantes, não apenas para *S. fluviatilis* como também para as demais espécies estudadas. Tal fato sugere que as diferenças existentes entre as medidas esquerda e direita das estruturas ósseas analisadas, são na sua maior parte, negligenciáveis.

### *Steno bredanensis* (Lesson, 1828)

#### a) Osso timpânico

Observou-se que a margem dorsal do processo sigmóide de *Steno bredanensis* apresentava-se menor que a sua margem lateral. Não foi observado sulco lateral, sendo que na região do sulco mediano existe uma pequena quilha que se estende do corte interproeminencial até próximo à região anterior do invólucro de formato cilíndrico. A quilha ventral é muito elevada e aproxima-se da extremidade anterior do osso, apresentando uma ranhura profunda na região ventral ao longo da extremidade anterior, até o final da quilha ventral. A proeminência posterior interna projeta-se além de sua base, sendo sua medida quase igual à proeminência posterior externa.

#### b) Osso periótico

Osso muito compacto, sendo o processo anterior plano com sua margem anterior retangular e bipartida. O processo posterior se estende postero-

Tabela II: Médias das medidas (M) dos caracteres morfométricos utilizados na caracterização dos ossos timpâno-perióticos das espécies de odontocetos considerados, e suas relações percentuais com o comprimento padrão médio do ossos timpânicos (medida 01) e perióticos (medida 13) analisados.

M	ESPÉCIES																									
	<i>S. fluvialilis</i> (n=15)			<i>S. brendanensis</i> (n=02)			<i>S. clymene</i> (n=01)			<i>T. truncatus</i> (n=02)			<i>P. electra</i> (n=01)			<i>Z. cavirostris</i> (n=01)										
	dir.	%	esq.	dir.	%	esq.	dir.	%	esq.	dir.	%	esq.	dir.	%	esq.	dir.	%	esq.								
OSSO	01	34,3	100,0	33,8	100,0	40,8	100,0	41,0	100,0	29,0	100,0	28,9	100,0	37,0	100,0	37,0	100,0	35,2	100,0	35,8	100,0	55,9	100,0	--	--	
	02	31,9	93,4	31,5	93,2	40,3	98,9	40,4	98,4	27,7	95,52	27,6	95,5	35,1	95,0	35,1	94,9	31,6	89,6	31,9	89,1	48,5	86,8	--	--	
	03	22,6	66,2	22,5	66,5	27,7	71,1	27,0	69,9	21,0	72,29	--	--	--	--	26,0	70,5	--	--	25,2	70,5	40,7	72,8	--	--	
	04	16,6	48,4	16,8	49,9	21,2	52,1	20,9	51,0	15,6	53,87	16,0	55,4	18,2	49,3	18,9	51,1	19,6	55,6	19,1	53,3	31,0	55,5	--	--	
	05	19,3	56,6	19,4	57,4	23,8	58,5	23,5	60,9	17,3	59,72	17,1	59,1	21,8	58,9	22,7	61,3	--	--	20,3	56,7	34,0	60,8	--	--	
	06	23,2	68,0	23,1	68,5	27,6	71,0	27,7	71,9	22,1	76,25	--	--	--	--	27,8	75,2	--	--	26,2	73,3	39,3	70,4	--	--	
	07	17,5	51,4	17,8	52,8	20,7	50,8	21,1	51,6	12,6	43,55	12,8	44,2	19,0	51,5	19,6	62,8	17,1	48,5	17,8	49,9	24,2	43,4	--	--	
	08	11,8	34,5	11,7	34,7	12,1	29,8	12,6	30,8	9,1	31,33	8,8	30,4	9,6	26,1	12,8	34,5	9,5	27,1	9,7	27,2	17,6	31,5	--	--	
	09	5,0	14,8	5,0	14,9	5,6	14,5	5,7	14,8	4,3	14,8	--	--	--	--	5,2	14,1	5,4	15,5	5,2	14,7	15,0	26,8	--	--	
	10	1,8	5,2	1,9	5,6	2,0	5,0	2,3	5,7	0,9	3,3	0,7	2,4	1,8	5,0	1,6	4,5	1,1	3,1	1,5	4,2	4,3	7,7	--	--	
	12	3,6	10,7	3,3	9,9	4,8	11,7	5,0	12,1	5,0	17,2	4,7	16,4	3,4	9,3	2,7	7,3	5,2	14,9	5,5	15,5	0,0	0,00	--	--	
	TIMPÂNICO	13	29,9	100,0	29,6	100,0	34,5	100,0	35,0	100,0	27,6	100,0	27,1	100,0	34,5	100,0	34,8	100,0	32,7	100,0	32,4	100,0	55,8	100,0	--	--
14		10,0	33,6	10,3	34,8	12,6	36,4	12,8	36,7	8,0	29,0	9,4	34,8	12,1	35,1	12,9	37,2	14,1	43,2	14,4	44,4	12,4	22,2	--	--	
15		19,2	64,5	19,2	64,8	22,9	66,5	22,6	64,5	17,8	64,5	17,5	64,5	22,5	65,2	22,7	65,4	22,4	68,5	21,9	67,7	29,9	53,7	--	--	
16		1,8	6,0	1,7	5,8	2,7	7,8	2,4	7,0	2,4	8,7	2,0	7,5	2,6	7,7	2,8	8,2	1,1	3,5	1,4	4,3	2,9	5,3	--	--	
17		2,1	7,2	2,0	6,8	3,6	10,4	3,3	9,5	1,9	7,1	2,1	7,7	4,8	13,6	5,5	15,7	2,2	6,7	2,0	6,2	5,5	9,9	--	--	
18		14,1	47,2	14,6	49,3	18,4	53,4	18,2	52,1	13,4	48,5	12,6	46,4	16,7	48,5	17,2	49,4	16,8	51,4	16,8	52,0	24,4	43,8	--	--	
19		13,7	46,2	13,7	49,1	20,0	58,1	20,1	57,5	14,2	51,4	14,1	51,9	19,0	55,2	18,4	53,0	16,8	51,3	16,8	52,0	23,4	41,9	--	--	
22		--	88,1	--	87,8	--	84,8	--	85,5	--	95,0	--	93,8	--	93,2	--	94,0	--	92,9	--	90,5	--	99,8	--	--	
PERIÓTICO		13	29,9	100,0	29,6	100,0	34,5	100,0	35,0	100,0	27,6	100,0	27,1	100,0	34,5	100,0	34,8	100,0	32,7	100,0	32,4	100,0	55,8	100,0	--	--
		14	10,0	33,6	10,3	34,8	12,6	36,4	12,8	36,7	8,0	29,0	9,4	34,8	12,1	35,1	12,9	37,2	14,1	43,2	14,4	44,4	12,4	22,2	--	--

lateralmente, possuindo a sua região palmar em forma de quadrado. Não há formação de processo espinhoso na superfície dorsal do processo superior. A crista transversa é baixa e a região posterior da abertura do fundo do meato auditivo interno, apresenta-se longa e plana.

### *Stenella clymene* (Gray, 1846)

#### a) Osso timpânico

Para esta espécie, o osso periótico é pequeno (29,00 mm) sendo o menor dentre todas as espécies aqui estudadas, já que o exemplar foi considerado adulto com 1,90 metros. Na região superior do invólucro, o processo sigmóide possui sua extremidade voltada para a região anterior do osso. Não existe sulco lateral nem mediano e o contorno da margem anterior da parede ventral retangular possui um pequeno espinho tubular que surge na região anterior para o centro do osso. A proeminência posterior interna é bem mais fina que a proeminência posterior externa, projetando-se além de sua base, semelhante ao que ocorre com *Stenobredanensis*. A quilha ventral é bastante elevada sendo contínua desde a proeminência posterior interna até o final da região anterior do invólucro.

#### b) Osso periótico

O osso periótico de *Stenella clymene* possui um processo superior plano e baixo, sem espinho. O processo posterior é pequeno e projeta-se postero-lateralmente com sua região palmar em forma quadrática semelhante a *Steno bredanensis*. A região superior do periótico estava fusionada ao ossículo acessório do osso timpânico. O processo anterior apresentava-se plano com sua margem anterior arredondada. Foi observado que o fundo do meato auditivo interno é estreito e achatado dorso-ventralmente.

### *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)

#### a) Osso timpânico

Para esta espécie foi observado que o osso timpânico também não é comprimido lateralmente, coincidindo com a descrição de Kasuya (1973). A espessura da proeminência posterior interna é quase igual à proeminência posterior externa e a primeira projeta-se além de sua base. A quilha ventral mostra-se elevada e arredondada, projetando-se desde a proeminência posterior interna até o final da região anterior do invólucro. Também não possui sulco lateral e sulco mediano. Segundo Kasuya (*op. cit.*) a margem dorsal do processo sigmóide é fino e longo sendo igual a margem lateral. Esta característica não foi observada nos exemplares estudados. O foramen elíptico apresentou-se

aberto em um exemplar e ausente no outro, sugerindo que esta estrutura varia com o estágio de desenvolvimento do animal. O processo posterior do osso timpânico projeta-se em direção postero-lateral.

#### b) Osso periótico

O osso periótico de *Tursiops truncatus* apresenta o processo anterior plano com a sua margem anterior retangular e rugosa. Existe a formação de uma protuberância espinhosa na superfície dorsal do processo superior que exhibe uma área plana e oblíqua, não se elevando no resto da mesma. Observa-se uma quilha longitudinal no lado interno da superfície dorsal do processo superior. O processo posterior estende-se lateralmente, com a abertura do fundo do meato auditivo interno longa e estreita. A abertura do duto endolinfático é profunda, com um espinho na margem da abertura do aqueduto coclear.

### *Peponocephala electra* (Gray, 1846)

#### a) Osso timpânico

O processo sigmóide de *Peponocephala electra* apresenta-se fino e longo com a margem anterior menor que a lateral, curvando-se para a região anterior do osso. A extremidade anterior do invólucro é quadrada, possuindo um sulco mediano que vai até próximo do corte interproeminencial. A proeminência posterior interna mostrou-se fina, não ultrapassando a sua base. Próximo a essa estrutura, nota-se um espinho tubular que se estende quase até a extremidade anterior do invólucro. A proeminência posterior externa revela sua extremidade voltada para a região ventral do osso. O processo posterior volta-se para a região superior além do processo sigmóide. O foramen elíptico é alongado e alargado na porção mediana.

#### b) Osso periótico

Como nas outras espécies estudadas, o processo anterior de *Peponocephala electra* apresenta-se plano, com sua margem anterior retangular. O processo posterior é curto, estendendo-se lateralmente com a região palmar voltada para cima. A crista transversa do fundo do meato auditivo interno é baixa e a superfície dorsal do processo superior larga e plana. A abertura do duto endolinfático possui um diâmetro relativamente grande.

### *Ziphius cavirostris* (Cuvier, 1823)

Para esta espécie, foram realizadas medidas e observações apenas nos ossos tímpano-perióticos do lado direito, por ser a única peça disponível.

## a) Osso timpânico

*Ziphius cavirostris* possui as estruturas mais diferenciadas das demais, sendo o maior de todos os ossos timpânicos deste estudo (55,90 mm). O processo sigmóide, diferencia-se dos demais por ser estreito, grande e quadrado, com a margem dorsal maior que a lateral, posteriormente torcida. No invólucro muito largo, não se percebe o sulco mediano. O sulco lateral é visível sendo o corte interproeminencial raso e estreito. A proeminência posterior externa, tem sua extremidade voltada para a região ventral, fina, com uma pequena quilha na extremidade da região postero-lateral. Não apresenta quilha ventral, o foramen elíptico é fechado e comprimido pelo processo posterior de região palmar em forma de leque.

## b) Osso periótico

Foi observado que o processo anterior é curto com uma parte piramidal arredondada. O processo anterior é visivelmente separado do posterior pelo processo superior, que mostra-se curto e em forma de leque. A faceta que une-se ao processo posterior da bula timpânica é quase lisa. O aqueduto coclear une-se ao foramen rotundo, sendo o duto endolinfático muito profundo. O fundo do meato auditivo interno é pequeno com a crista transversa quase que dividindo-o em dois.

## Relações Filogenéticas Entre as Espécies

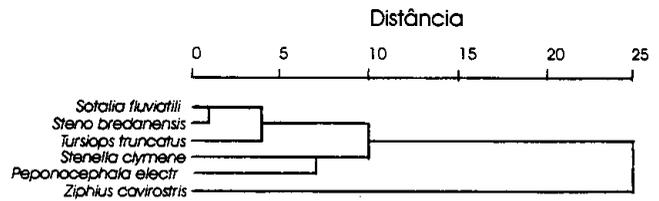
A Tabela III e a Figura 3 apresentam respectivamente a matriz de correlação e o dendrograma de classificação, resultante da análise de agrupamento das espécies, utilizando a morfometria dos ossos tímpano-perióticos como característica classificatória. Os resultados indicam a maior proximidade entre *Sotalia fluviatilis* e *Steno bredanensis*, sugerindo a hipótese de que ambas descendem de um ancestral comum. O agrupamento dessas espécies a *T. truncatus* dá origem a uma linha monofilética dentro da classificação proposta (figura 3).

**Tabela III:** Matriz de correlação (Pearson), baseada na morfometria dos ossos tímpano-perióticos, entre as espécies de Odontoceti estudadas.

	<i>S. fluviatilis</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>S. clymene</i>	<i>P. electra</i>
<i>T. truncatus</i>	0,9931				
<i>S. bredanensis</i>	0,9955	0,9942			
<i>S. clymene</i>	0,9907	0,9930	0,9916		
<i>P. electra</i>	0,9890	0,9921	0,9890	0,9932	
<i>Z. cavirostris</i>	0,9789	0,9788	0,9715	0,9785	0,9706

Um segundo grupo monofilético é representado pelas espécies *Stenella clymene* e *Peponocephala electra*, enquanto que *Ziphius cavirostris* aparece como um grupo monotípico isolado, apresentando a menor correlação com as demais espécies analisadas.

As relações apresentadas entre *S. fluviatilis* e *S. bredanensis* estão de acordo com a classificação taxonômica da sub-ordem Odontoceti (IUCN, 1991).



**Figura 3:** Dendrograma da análise de agrupamento utilizando o coeficiente de correlação de Pearson como medida e uma estratégia de agrupamento baseada na distância média entre as unidades classificadas.

Estas espécies fazem parte da sub-família Steninae da família Delphinidae, que também engloba duas outras espécies do gênero *Sousa* (*S. chinensis* e *S. teuszii*). Árvores filogenéticas construídas com base em seqüências do DNA mitocondrial (Furtado-Neto, 1998) também mostram que *S. fluviatilis* e *S. bredanensis* tiveram ancestrais comuns. Ao mesmo tempo, a posição de *Z. cavirostris* (Ziphiidae) como grupo externo diferenciado em relação as demais espécies, é corroborada pela classificação taxonômica (IUCN, 1991) e por trabalhos moleculares (Furtado-Neto, 1998).

A formação dos grupos monofiléticos entre as espécies de delphinídeos aqui estudadas, é congruente com as análises filogenéticas baseadas em seqüências do DNA mitocondrial e análises estatísticas usando técnicas de máxima parcimônia (Furtado-Neto *et al.*, em preparação). No entanto, os resultados aqui apresentados devem ser interpretados com cautela, principalmente no que tange a posição de *T. truncatus* e *S. clymene* no dendrograma, uma vez que os gêneros *Stenella* e *Tursiops* têm se mostrado parafiléticos em análises mais recentes de DNA mitocondrial (LeDuc, 1997).

## CONCLUSÕES

As descrições dos ossos tímpano-perióticos apresentadas neste trabalho foram as primeiras para as espécies de cetáceos que ocorrem em águas brasileiras. Não foram observadas variações significativas na simetria dos ossos tímpano-perióticos para *S. fluviatilis*, podendo-se utilizar qualquer dos lados para fazer a identificação da espécie e, até mesmo, utilizar uma média dos lados para caracterizar os ossos tímpano-perióticos da espécie. As relações filogenéticas obtidas pela análise de agrupamento realizada com base nas medidas dos ossos tímpano-perióticos está de acordo com árvores filogenéticas obtidas através de análises estatísticas baseadas em seqüências do DNA mitocondrial.

**Agradecimentos:** A todos os membros e colaboradores do Grupo de Estudo de Cetáceos do Ceará, pois sem a ajuda deles não teria sido possível a realização do presente estudo. O Grupo de Estudo de Cetáceos do Ceará conta com o apoio

do Governo do Estado do Ceará, através das Secretarias da Cultura e Desportos-SECULT e Secretaria do Turismo-SECULT e da Superintendência Estadual do Meio Ambiente-SEMACE.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, S. A. A., & Oliveira, J. A. Monitoramento do boto cinza, *Sotalia fluviatilis* (CETACEA: DELPHINIDAE), no período de outubro/94 a dezembro/95, em Fortaleza, Ceará, Brasil. In: *Anais do 15º Encontro Universitário de Iniciação à Pesquisa*. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1996.
- Alves-Júnior, T. T., Ávila, F. J. C., Negrão, C. P. S., Oliveira, J. A., & Monteiro-Neto, C. Encalhe e resgate de um filhote de cachalote, *Physeter macrocephalus* (CETACEA: PHYSETERIDAE) na Prainha, Aquiraz. In: *Anais do 14º Encontro Universitário de Iniciação à Pesquisa*, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, p. 50, 1995.
- Alves-Júnior, T. T., Ávila, F. J. C., Oliveira, J. A., Furtado-Neto, M. A. A., & Monteiro-Neto, C. Registros de Cetáceos para o litoral do estado do Ceará, Brasil. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, v. 30, n. 1-2, p. 79-92, 1996.
- Alves-Júnior, T. T. & Monteiro-Neto, C. Caracterização Morfométrica Craniana do boto cinza, *Sotalia fluviatilis* Gervais 1853, da Costa do Estado do Ceará. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, v. 32, n. 1-2, p. —, 1999.
- Benke, H. Investigations on the osteology and the functional morphology of the flipper of whales and dolphins (Cetacea). *Investigations on Cetacea, MNHP, Umbria*, v. 24, p. 9-252, 1993.
- Clifford, H.T. & Stephenson, W. 1975. An Introduction to Numerical Classification. Academic Press, New York, USA.
- Fraser, F. C., & Purves, P. E. Hearing in cetaceans: Evolution of the accessory air sacs and the structure and function of the outer and middle ear in recent cetaceans. *Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) Zool*, v. 7, n.1, p. 1-140, 1960.
- Furtado-Neto, M. A. A. *Molecular systematics and population genetics of marine vertebrates from Brazil*. PhD thesis, Department of Biology, Memorial University of Newfoundland. St. John's, 1998.
- Furtado-Neto, M.A.A., Ávila, F.J.C., da Silva, V.M.F., di Benedetto, A.P., Flores, P.A.C. Lailson-Brito Jr., J., Monteiro-Neto, C., Queiroz, E.L., Ramos, R., Santos, M.C.O., Secchi, E.R., Siciliano, S., Silva Jr., J. M., Zerbini, A. N. & Carr, S.M. Phylogenetic relationships of cetaceans from Brazil as suggested by cytochrome b sequences. *Brazilian Journal of Genetics* (em preparação).
- Jefferson, T. A., Leatherwood, S., & Webber, M.A. *FAO Species identification guide. Marine mammals of the world*. FAO, 320 p., Rome, 1993.
- Kasuya, T. Systematic consideration of recent toothed whales based on the morphology of tympano-periotic bone. *Sci. Rep. Res. Inst., Tokyo*, n. 25, p.1-103, 1973.
- Kellogg, R. Pelagic mammals from the Temblor Formation of the Kern River region, California. *Proc. California Acad. Sci.*, v.19, n.12, p. 217-397, 1931.
- Kellogg, R. Three miocene porpoises from Calvert Cliffs, Maryland. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, n.105, p.101-151, 1955.
- Leatherwood, S., Reeves, R. R., Perrin, W. F., & Evans, W. E. Whales, dolphins and porpoises of the western north Atlantic: a guide for identification. California: NOAA Tech. Rep. Circ., NMFS, n.444, 1982.
- LeDuc, R. G. A Systematic Study of the Delphinidae (Mammalia: Cetacea) using Cytochrome B Sequences. *PhD Thesis. University of California, Rua Canuto Aguiar*, 1997.
- Nishiwaki, M. Taxonomical consideration on genera of Delphinidae. *Sci. Rep. Res. Inst. Tokyo*, v.16, p. 93-103, 1962.
- Norusis, M.J. SPSSPC+ Advanced Statistics V2.0. SPSS Inc. Chicago, Illinois, USA, 1988.
- Oliveira, J. A., Ávila, F. J. C. Alves-Júnior, T. T., Furtado-Neto, M. A. A. & Monteiro-Neto, C. Monitoramento do boto cinza, *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae) em Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, v. 29, n. 1-2, p. 28-35, 1995.
- Omura, H., Ichihara, T., & Kasuya, T. Osteology of Pygmy Blue Whale with additional information on external and other characteristics. *Sci. Rep. Res. Inst., Tokyo*, v. 22, p.1-27, 1970.
- Omura, H. Osteological study of the Minke Whale from the Antarctic. *Sci. Rep. Res. Inst., Tokyo*, v. 27, p.1-36, 1975.
- Perrin, W. F. Variation of Spotted and Spinner Porpoise (Genus *Stenella*) in the Eastern Pacific and Hawaii. *Univ. Calif. Bull. Scripps Inst. Ocean.*, La Jolla, v. 21, p. 1-206, 1975.
- Pinedo, M. C., Rosas, F. C. W., & Marmotel, M. *Cetáceos e Pinípedes do Brasil: uma revisão dos registros e guia para identificação das espécies*. Manaus: UNEP/FUA, 213p., 1992.
- Silva, C. P. N., Alves-Júnior, T. T., & Ávila, F. J. C. Registro de um feto do golfinho de dentes rugosos, *Steno bredanensis*, na costa do estado do Ceará, Brasil. In: *Anais do 15º Encontro Universitário de Iniciação à Pesquisa*, Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1996.
- Yamada, M. Contribution to the anatomy of the organ of hearing of whales. *Sci. Rep. Res. Inst., Tokyo*, v.8, p.1-79, 1953.