



UFGRS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL



INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

SOPHIE MAILLARD VON EYE

**MORFOLOGIA DO CRÂNIO DE GOLFINHOS (CETARTIODACTYLA:
DELPHININAE): UMA ABORDAGEM
FUNCIONAL**

PORTO ALEGRE
2017

SOPHIE MAILLARD VO EYE

**MORFOLOGIA DO CRÂNIO DE GOLFINHOS (CETARTIODACTYLA:
DELPHININAE): UMA ABORDAGEM
FUNCIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Área de concentração: Biologia Comparada

Orientador(a): Prof. Dr. Ignacio
Benites Moreno

PORTO ALEGRE
2017

SOPHIE MAILLARD VON EYE

**MORFOLOGIA DO CRÂNIO DE GOLFINHOS (CETARTIODACTYLA:
DELPHININAE): UMA ABORDAGEM FUNCIONAL**

Aprovada em ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Dr/a. Avaliador/a 1

Dr/a. Avaliador/a 2

Dr/a. Avaliador/a 3

Sumário

Resumo e Palavras-Chave	i
Abstract and Keywords	ii
Apresentação.....	iii
Capítulo I – Introdução	iv
Capítulo II - Morfologia do crânio de golfinhos (Cetartiodactyla: Delphininae): uma abordagem funcional.....	1
Considerações Finais	49
Anexo I	50

Resumo

Neste estudo testamos a variação morfológica do crânio de espécies de golfinhos a fim de avaliar se a variação na forma é menor em espécies congêneres quando comparada a espécies de diferentes gêneros. Para isso, quantificamos a variação da forma de 254 indivíduos osteologicamente maduros de *Delphinus delphis*, *Lagenodelphis hosei*, *Stenella coeruleoalba*, *S. frontalis*, *Sotalia guianensis*, *S. fluviatilis*, *Stenobredanensis*, *Tursiops truncatus* e *T. gephyreus* foram analisados através da morfometria geométrica. A variação de forma interespecífica do crânio foi analisada em três vistas anatômicas: dorsal, ventral e lateral. A variação foi interpretada à luz da morfologia funcional, uma vez que as diferentes espécies de golfinhos estão adaptadas a diferentes habitats. As espécies não apresentaram dimorfismo sexual e a alometria testada indicou uma baixa porcentagem da forma é predita pelo tamanho. As espécies de *Sotalia* estiveram separadas dos outros táxons, em todas as vistas. *Tursiops truncatus* e *Stenella frontalis* apresentaram semelhanças na forma do crânio. As duas espécies de *Stenella* não formaram um grupo coeso; e, inclusive, *S. coeruleoalba* apresentou um padrão de forma mais semelhante à *Lagenodelphis hosei*, do que a *S. frontalis*. A variação da forma na região occipital do crânio na vista dorsal e ventral; diferenças na forma do processo pós-orbital e lacrimal; e variação na fossa temporal foram importantes direcionadores para distinguir os grupos no espaço de forma por meio da análise de covariância. Os padrões de forma observados podem ser relacionados à adaptações para ecolocalizar e consumir diferentes recursos alimentares sendo resultado de pressões evolutivas semelhantes, inerentes ao habitat e hábitos alimentares, conferindo uma convergência no padrão de forma.

Palavras-chave: Delphininae; Morfometria Geométrica; Adaptações Morfológicas

Abstract

In this study, a landmark-based geometric morphometric analysis was carried out on the neurocranium of 254 specimens of *Delphinus delphis*, *Lagenodelphis hosei*, *Stenella coeruleoalba*, *S. frontalis*, *Sotalia guianensis*, *S. fluviatilis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* and *T. gephyreus* in order to (1) quantify the interspecific variation of the neurocranium's shape and (2) analyze that variation in light of the functional morphology, since the different species of dolphins are adapted to different habitats. The specimens did not show sexual dimorphism and the allometry tested indicated that the low percentage of the shape is predicted by size. The species of *Sotalia* were separated from the other taxa in all views. *Tursiops truncatus* and *Stenella frontalis* presented similarities on neurocranium's shape. The two species of *Stenella* did not form a cohesive group; and even *S. coeruleoalba* presented a pattern more similar to *Lagenodelphis hosei* than *S. frontalis*. The variation of the shape in the occipital region of the neurocranium in the dorsal and ventral view; differences in the shape of the post-orbital and lacrimal process; and variation in the temporal fossa were important drivers to distinguish the groups in the form space through the analysis of covariance. The observed pattern patterns may be related to adaptations to echolocate and consume different dietary resources resulting from similar evolutionary pressures, inherent to habitat and eating habits, conferring a convergence on the pattern of shape.

Keywords: Delphininae; Geometric Morphometrics; Morphological adaptations

Apresentação

Esta dissertação de mestrado está sendo apresentada conforme Resolução 35/2017 do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal (PPGBAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A dissertação inicia com um capítulo introdutório, onde consta um breve histórico da evolução e taxonomia de Delphinidae, distribuição das espécies avaliadas, descrição e aplicação da metodologia utilizada com principais resultados. Em seguida apresenta-se capítulo II, com o artigo científico, onde os assuntos são abordados de forma mais profunda. Ao final constam as considerações finais e anexos que complementam as informações do artigo científico e as regras do periódico no qual se baseou a formatação da dissertação.

O periódico escolhido para publicação da dissertação foi *Journal of Mammalogy*. O capítulo II foi redigido segundo as normas que constam nas instruções para os autores do periódico, exceto as figuras que se encontram inseridas no decorrer do texto para facilitar a leitura do trabalho. A linguagem da dissertação encontra-se em português, aguardando as correções da banca examinadora para posteriormente tradução para o inglês.

Capítulo I

Introdução

Os cetáceos são o grupo de mamíferos marinhos totalmente adaptados à vida aquática, popularmente conhecidos como baleias, botos e golfinhos (Barnes 2002). A moderna diversidade dos cetáceos é atribuída por alguns pesquisadores (*e.g.* Steeman et al. 2009) a uma rápida radiação adaptativa seguida da transição para uma zona adaptativa aberta logo no início da história dos cetáceos atuais, quando mysticetos (Cetartiodactyla: Mysticetii) e odontocetos (Cetartiodactyla: Odontocetii) adquiriram suas habilidades de alimentação por filtração e ecolocalização, respectivamente.

Odontocetos mantiveram o tipo primitivo de alimentação, semelhante ao dos cetáceos basais, que consiste na seleção e captura de presas individuais e, as principais modificações são observadas na região do crânio, o que pode ser associados ao sucesso adaptativo desses animais (Miller 1923, Cranford et al. 1996). Na telescopagem dos odontocetos, processo que resume-se na “migração” dos orifícios respiratórios desde a porção anterior do rostro para a região do dorso da cabeça, a porção posterior da maxila desliza por cima do osso frontal (Miller 1923), permitindo o desenvolvimento da musculatura associada à região facial e do nariz (*e.g.* *Musculus maxilonasolabialis*). Os dentes na mandíbula, pré-maxila e maxila permitiram os odontocetos diversificar seus hábitos alimentares, explorando diferentes ambientes como regiões oceânicas, costeiras, estuários e rios (Berta et al. 2005). Desenvolveram também, um mecanismo de orientação através da emissão de pulsos ultrassônicos discretos, com a capacidade de interpretá-los ao serem refletidos pelo ambiente, denominado comportamento de ecolocalização ou biosonar (Griffin 1944, Au 2009).

Na atual lista do Comitê em Taxonomia da *Society for Marine Mammalogy* (Committee on Taxonomy 2016), Odontocetii possui 75 espécies agrupadas em 10 famílias e, dentre elas Delphinidae é a mais diversa, com 37 espécies. Os delfínidos provavelmente surgiram no Mioceno (9,39 – 15,38 Ma), de uma população ancestral que habitava o norte do Atlântico (Banguera-Hinestroza et al. 2014) e rapidamente irradiaram em diversos tipos ecologicamente e morfologicamente diferentes (LeDuc 2008).

Por volta de 10,29 Ma ocorreu uma dispersão do norte do Atlântico em direção ao hemisfério Sul e região temperada e tropical do Atlântico e Pacífico. Essa dispersão foi seguida da divisão em duas linhagens de golfinhos e, uma delas deu origem aos ancestrais de Delphininae e Globicephalinae, na região temperada e tropical do Atlântico e Pacífico, por volta de 9,05 Ma (Banguera-Hinestroza et al. 2014). Sendo assim, Delphininae é considerada produto de um evento de irradiação rápido e recente (Kingston et al. 2009, McGowen et al. 2009, Steeman et al. 2009).

Diversas hipóteses de relações filogenéticas entre os taxons de Delphininae vêm sendo propostas, entretanto, as incongruências entre elas são motivos de debate (Perrin et al. 2013) e frequentemente atribuídas a rápida e recente irradiação da subfamília. Os primeiros trabalhos foram realizados no final do século XIX. Flowers (1883), através da análise de similaridades na morfologia do crânio agrupou *Sotalia* com *Sousa* e *Steno* em Steninae e, True (1889) agrupou *Sotalia* com *Steno*, *Tursiops*, *Delphinus*, *Prodelphinus*, *Tursio*, *Lagenorhynchus*, *Sagmatias*, *Feresa*, *Cephalorhynchus*, *Neomeris*, *Phocoena*, *Orcella*, *Grampus*, *Globicephalus*, *Orca* e *Preudorca*, em Delphininae. Em 1960, Fraser e Purves, ao analisar a evolução dos sacos aéreos e ouvidos, sugeriram que Delphininae seria formado por *Tursiops*, *Stenella*, *Delphinus*, *Lagenorhynchus*, *Grampus* e *Lagenodelphis*, enquanto *Sousa* e *Steno* estariam dentro de Steninae. Kasuya (1973), através da análise dos ossos tímpano-periótico, agrupou *Sotalia*, *Sousa* e *Cephalorhynchus*, e os classificou como Sotallinae, enquanto, *Steno*, *Tursiops*, *Stenella*, *Delphinus*, *Lissodelphis* e *Lagenorhynchus* foram classificado como Delphininae. Mead (1975) corrobora a classificação de Fraser e Purves (1960), em que *Sousa* e *Steno* formam Steninae, através da anatomia comparativa do complexo facial e passagem nasal externa. Entretanto, sugere que Delphininae seja formado por *Delphinus*, *Stenella*, *Grampus*, *Tursiops*, *Lagenorhynchus*, *Lagenodelphis* e *Peponocephala*. Cabe ressaltar que as análises supracitadas são baseadas em uma filosofia feneticista, baseados apenas em similaridades entre os táxons, não incluindo sinapomorfias para os grupos (Caballero et al. 2008). Moreno (2008) realizou a primeira análise cladística morfológica de Delphinidae, incluindo dados de coloração e morfologia craniana e externa, e recuperou o clado formado por *Steno*,

Sotalia e *Sousa* como *Steninae*; e *Delphinus*, *Tursiops*, *Stenella*, *Lagenodelphis* e *Leucopleuros* como *Delphininae*.

Relações filogenéticas baseadas em dados moleculares estão sendo constantemente propostas. LeDuc et al. (1999) realizou a primeira, através da análise de dados de DNA mitocondrial proveniente de sequências de citocromo b, recuperando as relações entre *Delphinus*, *Tursiops*, *Stenella*, *Lagenodelphis* e *Sousa* dentro de *Delphininae*; e entre *Sotalia* e *Steno* dentro de *Stenoninae*. Dez anos após, McGowen (2009), através da análise de uma supermatriz para o clado Cetacea, recuperou as relações entre *Tursiops*, *Stenella*, *Delphinus*, *Lagenodelphis* e *Sousa* em *Delphininae*, com *Sotalia* como grupo irmão e *Steno* recuperado como *Steninae*. Outras hipóteses de ancestralidade entre taxons pertencentes a *Delphinidae*, baseadas em dados moleculares, foram propostas e diferem nas relações entre as espécies, mas possuem consenso em relação a parafilía de *Stenella* (Caballero et al. 2008, Kingston et al. 2009, Steeman et al. 2009, McGowen et al. 2011, Amaral et al. 2012).

Reconstruções filogenéticas foram revisadas por Perrin et al. (2013) e, nenhum dos estudos realizados desde LeDuc et al. (1999) contempla todos os possíveis taxons de *Delphininae*, levando os autores a sugerir que todas as espécies de *Delphininae* devem ser sinonimizadas à *Delphinus*. Entretanto, Jefferson (2014), discorda da sinonimização, pois seriam desconsideradas as relações recuperadas nos trabalhos revisados por Perrin et al. (2013) e sugere que mais estudos baseados em evidências fenotípicas sejam realizados para a proposição de novas hipóteses de ancestralidade do grupo. Portanto, apesar dos conflitos, existe a concordância em relação à inclusão dos gêneros *Delphinus*, *Lagenodelphis*, *Stenella* e *Tursiops* dentro de *Delphininae* (LeDuc et al. 1999, Moreno 2008, Steeman et al. 2009, McGowen 2011, Amaral et al. 2012).

A maioria dos delfínídeos possui distribuição tropical e temperada, ocorrendo em todos os oceanos, nos dois hemisférios (Forcada 2008). O Oceano Atlântico abriga onze espécies e subespécies de *Delphininae* (sensu McGowen 2009), das quais quatro são endêmicas (Amaral et al. 2016). *Delphinus* e *Lagenodelphis* são considerados gêneros monotípicos, segundo o Comitê de Taxonomia da *Society for*

Marine Mammalogy (Committee on Taxonomy 2016). Ambos possuem distribuição ampla e ocorrem em águas oceânicas com algumas subespécies de *Delphinus* distribuídas na costa em populações disjuntas no Atlântico e Pacífico (Hammond et al. 2012a, 2012b). *Stenella* é o gênero mais representativo, com cinco espécies distribuídas em oceanos tropicais, subtropicais e temperados (Moreno et al. 2005). *Stenella clymene* e *S. frontalis* são endêmicas do Atlântico, a primeira ocorre em águas profundas e associada a quebra da plataforma continental, enquanto a segunda, ocupa águas sobre a plataforma continental. *Stenella coeruleoalba*, *S. longirostris* e *S. attenuata* são amplamente distribuídas (Moreno et al. 2005). *Stenella coeruleoalba* esta associada a zonas de ressurgência, possui limites de distribuição expandidos, ocorrendo em latitudes mais altas (40°S - 50°N), sendo capaz de tolerar amplas variações na temperatura da superfície do mar (Perrin et al. 1994). *Tursiops* atualmente possui duas espécies aceitas pelo Comitê de Taxonomia da *Society for Marine Mammalogy* (Committee on Taxonomy 2016), *T. truncatus*, amplamente distribuído, e *T. aduncus*, endêmico das águas rasas do oceano Índico. Entretanto, recentemente foi proposta a revalidação de *T. gephyreus*, com ocorrência nas águas costeiras do Atlântico sul ocidental (Wickert et al 2016). *Sotalia* possui duas espécies, ambas endêmicas do oceano Atlântico, *S. guianensis* é encontrada em águas rasas costeiras e próxima a estuários ao longo da costa noroeste do oceano Atlântico; e *S. fluviatilis* está associada aos principais afluentes da bacia do rio Amazonas e Solimões (Secchi et al. 2012).

Entretanto, apesar da aparente homogeneidade do ambiente marinho, a história biogeográfica de Delphininae é feita de eventos de vicariâncias e dispersões que podem ser associados à distribuição de suas presas (Amaral et al. 2016). Modificações geológicas afetam as correntes oceânica e climáticas, geram barreiras, que para os cetáceos, não são consideradas preditoras de disjunção, entretanto afetam a distribuição de suas presas, levando-os a eventos de cladogênese (Amaral et al. 2016). Portanto, variações nos recursos do habitat podem contribuir para o desenvolvimento de adaptações a nichos locais (Hoezel 1998) e essas adaptações podem ser investigadas, por exemplo, através da correlação de um padrão morfológico e habitat das espécies.

A morfometria geométrica pode ser definida como uma ferramenta que utiliza um conjunto de métodos de aquisição, processamento e análise de variáveis que preservam a informação geométrica dos dados originais. Diferentemente da morfometria tradicional, os dados não são baseados em medidas e ângulos e sim em marcos anatômicos, representados através de coordenadas cartesianas (Fornel e Cordeiro-Estrela 2012). Os marcos anatômicos devem ser homólogos, o que pode ser inferido através de mesma origem ancestral, mesma origem ontogenética e mesma topologia. Esses marcos irão passar por um procedimento de sobreposição, o qual irá excluir efeitos de escala, posição e orientação, resultando em uma variável de tamanho e várias variáveis de forma. Sendo assim, a aquisição e quantificação de forma através de coordenadas cartesianas provenientes de marcos anatômicos homólogos é a premissa básica de morfometria geométrica (Monteiro e Reis 1999).

Dentro da biologia as áreas de aplicação da ferramenta são muitas e relacionam, principalmente, a quantificação da forma com ontogenia, taxonomia, variação geográfica, dimorfismo sexual, ecomorfologia e questões funcionais e biomecânicas. Em trabalhos com golfinhos, a morfometria geométrica vem ganhando espaço frente a morfometria tradicional. Baseado em diferenças da quantificação da forma e outras características da história natural, Monteiro-Filho et al. (2002) sugeriram que as populações de *Sotalia*, divididas em Bacia Amazônica e marinhas, deveriam ser consideradas duas unidades taxonomicas distintas. Os autores propõem o uso de *Sotalia guianensis* para as populações marinhas e *Sotalia fluviatilis* para a população da Bacia amazônica. O uso da morfometria geométrica foi empregado para investigar o padrão de diferenciação de forma do crânio de um complexo clado dentro de Delphininae, formado por *Stenella coeruleoalba*, *Delphinus delphis* e *Tursiops truncatus*, e observaram que *D. delphis* e *S. coeruleoalba* possuem padrão mais semelhante quando comparado a *T. truncatus* (Amaral et al. 2009). Os autores ainda comparam, através de um cladograma fenético, o padrão de forma encontrado, com o padrão de diferenciação genética do grupo e encontram similaridades na topologia (Amaral et al. 2009). A variação da forma craniana de quatro populações de *Stenella coeruleoalba* ocorrentes no Atlântico e Mediterrâneo foi investigada através do uso da morfometria

geométrica 3D, resultando em padrões diferentes nas quatro populações (Loy et al. 2011). Gallatius et al. (2012), através da morfometria geométrica 3D analisou a estrutura de populações de *Phocoena phocoena* no mar Báltico e sugerem que a variação de forma encontrada entre as populações indicam adaptações morfológicas a áreas específicas. A variação morfológica do crânio de Lissodelphininae também foi investigada utilizando morfometria geométrica 3D, os autores descrevem adaptações funcionais e sugerem uma provável conexão entre produção do som e a assimetria craniana proposta por Cranford et al. (1996) (Galatius e Goodall 2016). Entretanto, deixam claro que a assimetria ainda pode estar associada a outros aspectos da produção de som por esse animais. Jedensjö et al. (2017) tinham como principal objetivo esclarecer a posição filogenética de *T. australis*, uma espécie proposta mas não aceita pelo Comitê de Taxonomia da *Society for Marine Mammalogy* (Committee on Taxonomy 2016), para tal descrevem a morfologia craniana de Delphininae ocorrentes em águas australianas utilizando morfometria geométrica 3D e morfometria tradicional. As análises resultaram em um grupo isolado de espécimes de *Tursiops* no espaço de forma; as espécies de *Stenellas* analisadas não formam um grupo único: *S. attenuata* ficou mais próxima de *D. delphis*, *S. coeruleoalba* de *L. hosei* e *S. longirostris* aparece isolada.

A maioria dos trabalhos abordam a variação de forma do crânio e, apenas dois, quantificam a forma da mandíbula. Barroso et al. (2012), quantificam a variação da forma da mandíbula ao longo das principais linhagens de odontocetos e discutem a variação à luz de implicações funcionais e evolutivas. Os autores observaram menor variação de forma na parte posterior da mandíbula, sugerindo que uma seleção estabilizadora age nessa região que está intimamente ligada a ecolocalização, com função de recepção do som (Barroso et al. 2012). Guidarelli et al. (2014) descrevem as diferenças interespecíficas no tamanho e forma da mandíbula de espécimes mediterrâneos de *S. coeruleoalba*, *D. delphis* e *T. truncatus*, além de avaliar a modularidade. Para a avaliação de modularidade, Guidarelli et al. (2014), dividiram a mandíbula em um módulo anterior (corpo), relacionado a alimentação; e um módulo posterior (ramo) relacionado a ecolocalização. O módulo posterior foi o que separou as três espécies no

espaço de forma, sugerindo que as diferenças na forma estão correlacionadas a pressões seletivas para diferentes padrões de comunicação (Guidarelli et al. 2014).

O presente trabalho propõe-se a quantificar a variação da forma do crânio de espécies de golfinhos através da morfometria geométrica 2D e interpretar a variação da forma à luz da funcionalidade das estruturas. Para isso, a forma do crânio de 254 indivíduos osteologicamente maduros foi avaliada. *Delphinus delphis*, *Lagenodelphis hosei*, *Stenella coeruleoalba*, *S. frontalis*, *Sotalia guianensis*, *S. fluviatilis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *T. gephyreus* foram as espécies analisadas em três diferentes vistas: dorsal, ventral e lateral.

Literatura Citada

- Amaral, A. R., M. M. Coelho, J. Marugán-Lobón and F. J. Rohlf. 2009. Cranial shape differentiation in three closely related delphinid cetacean species: Insights into evolutionary history. *Zoology* 112:38–47
- Amaral, A. R., J. A. Jackson, L. M. Möller and L. B. Beheregaray, M. M. Coelho. 2012. Species tree of a recent radiation: the subfamily Delphininae (Cetacea, Mammalia). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 64:243–253. doi:10.1016/j.ympev.2012.04.004
- Amaral, K. B., A. R. Amaral, R. E. Fordyce and I. B. Moreno. 2016. Historical Biogeography of Delphininae Dolphins and Related Taxa (Artiodactyla: Delphinidae). *Journal of Mammalian Evolution* 1-19. doi 10.1007/s10914-016-9376-3
- Au, W. L. 2008. Echolocation. Pp 348-357 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- Banguera-Hinestroza, E, A. Hayano, E. Crespo and A. R. Hoelzel. 2014. Delphinid systematics and biogeography with a focus on the current genus *Lagenorhynchus*: multiple pathways for antitropical and trans-oceanic radiation. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 80:217–230. doi:10.1016/j.ympev.2014.08.005
- Barnes, L.G. 2002. Cetacea, Overview. Pages 2042-208 in *Encyclopedia of Marine Mammals* 1st ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, Sand Diego.
- Barroso, C., T. W. Cranford and A. Berta. 2012. Shape Analysis of Odontocete Mandibles: Functional and Evolutionary Implications. *Journal of Morphology* 273:1021-1031. doi:10.1002/jmor.20040
- Berta, A., J. L. Sumich, K. M. Kovacs. 2005. *Marine mammals: evolutionary biology*. Academic Press.
- Caballero, S., et al. 2008. Molecular systematics of South American dolphins *Sotalia*: sister taxa determination and phylogenetic relationships, with insights into a multi-locus phylogeny of the Delphinidae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46:252–268. doi:10.1016/j.ympev.2007.10.015
- Committee on Taxonomy. 2016. List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy, www.marinemammalscience.org. Accessed 12 March 2017.
- Cranford, T. W., M. Amundin and K. S. Norris. 1996. Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation. *Journal of Morphology* 228:223-285.

- Flower, W. H. 1833. On the characters and divisions of the family Delphinidae. Proceedings Zoological Society of London, 466-513.
- Fornel, R. and Cordeiro-Estrela, P. 2012. Morfometria geométrica e a quantificação da forma dos organismos. Pp. 101-120 in Temas em Biologia: Edição comemorativa aos 20 anos do Curso de Ciências Biológicas e aos 5 anos do PPG-Ecologia da URI Campus de Erechim. 1ed. : (Jorge R. Marinho; Luiz U. Hepp; Rodrigo Fornel, orgs.). Erechim: EDIFAPES.
- Fraser, F. C. and P. E. Purves. 1960. Hearing in cetaceans: evolution of the accessory air sacs and the structure and function of the outer and middle ear in recent cetaceans. Bulletin of the British Museum (Natural History). Zoology 7:1–140
- Kasuya, T. 1973. Systematic consideration of recent toothed whales based on the morphology of tympano-periotic bone. Scientific Report of the Whales Research Institute 25: 1–103
- Galatius, A. and R. N. P. Goodall. 2016. Skull shapes of the Lissodelphininae: radiation, adaptation and asymmetry. Journal of Morphology 227:776-785.
- Galatius, A., C. C. Kinze and J. Teilmann. 2012. Population structure of harbor porpoises in the Baltic region: evidence of separation based on geometric morphometric comparisons. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 8:1669-1676.
- Griffin, D. R. 1944. Echolocation in blind men, bats and radar. Science 100 589-590.
- Guidarelli, P. Nicolosi, G. Fusco, M. C. de Francesco and A. Loy. 2014. Morphological variation and modularity in the mandible of three Mediterranean dolphin species. Italian Journal of Zoology 81:354-367. doi:10.1080/11250003.2014.943685
- Hammond, P.S. et al. 2008a. *Delphinus delphis*. In: IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. www.iucnredlist.org. Accessed March 2017. doi:http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T6336A12649851.en.
- Hammond, P.S. et al. 2008b. *Delphinus capensis*. In: IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. www.iucnredlist.org. Accessed March 2017. doi:http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T6337A12663800.en
- Hoezel, A. R. 1998. Genetics Structure of Cetacean Populations in Sympatry, Parapatry and Mixed Assemblages, Implications for Conservation Policy. The Journal of Heredity 89:451–458.

- Jedensjö M., C. M. Kemper and M. Krützen. 2017. Cranial morphology and taxonomic resolution of some dolphin taxa (Delphinidae) in Australian waters, with a focus on the genus *Trusiops*. *Marine Mammal Science* 33:187-205.
- Jefferson, T. A. 2014. Scientific correspondence. *Marine Mammal Science* 30:835–837. doi:10.1111/mms.12107
- Kingston, S., L. Adams and P. Rosel. 2009. Testing mitochondrial sequences and anonymous nuclear markers for phylogeny reconstruction in a rapidly radiating group: molecular systematics of the Delphininae (Cetacea: Odontoceti: Delphinidae). *BMC Evolutionary Biology* 9:245. doi:10.1186/1471-2148-9-245
- LeDuc, R. G., W. F. Perrin and A. E. Dizon. 1999. Phylogenetic relationship among the delphinid cetaceans based on full cytochrome *B* sequences. *Marine Mammal Science* 15:619-648.
- LeDuc, R. 2008. Delphinids: Overview. Pp 298-302 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- Loy, A., A. Tamburelli, R. Carlini and D. Slice. Craniometric variation of some Mediterranean and Atlantic populations of *Stenella coeruleoalba* (Mammalia, Delphinidae): A three-dimensional geometric morphometric analysis. *Marine Mammal Science* 27:E65-E78.
- McGowen, M. R. 2011. Toward the resolution of an explosive radiation—A multilocus phylogeny of oceanic dolphins (Delphinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 60:345-357. doi:10.1016/j.ympev.2011.05.003
- McGowen, M. R., M. Spaulding and Gatesy J. 2009. Divergence date estimation and a comprehensive molecular tree of extant cetaceans. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53:891–906. doi:10.1016/j.ympev.2009.08.018
- Mead, J. G. 1975. Anatomy of the external nasal passages and facial complex in the Delphinidae (Mammalia: Cetacea). *Smithsonian Contributions to Zoology* 207:1-35.
- Miller, G. 1923. The telescoping of the cetacean skull. *Smithsonian Miscellaneous Collection* 75:1-55.
- Monteiro, L. R. and S. F. dos Reis. 1999. *Princípios em Morfometria Geométrica*. Holos Editora, Ribeirao Preto, São Paulo.

- Monteiro-Filho, E. L., L. R. Monteiro and S. F. Reis. 2002. Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis. *Journal of Mammalogy* 83(1):125–134.
- Moreno, I. B. 2008. Relações filogenéticas entre os golfinhos da família Delphinidae. Ph. D. dissertation, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Moreno, I. B., A. N. Zerbini, D. Danilewicz, M. C. O. Santos, P. C. Simões-Lopes PC, J. Laílson-Brito and A. F. Azevedo. 2005. Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus *Stenella* (Cetacea: Delphinidae) in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 300:229–240. doi:10.3354/meps300229
- Perrin, W. F., D. Caldwell and M. Caldwell. 1994. Atlantic spotted dolphin *Stenella frontalis* (G. Cuvier, 1829). Pp.. 173-190 in *Handbook of Marine Mammals. Volume 5. The First Book of Dolphins* (Ridgway SH, Harrison R., eds) Academic Press, London.
- Perrin, W. F., P. E. Rosel and F. Cipriano. 2013. How to contend with paraphyly in the taxonomy of the delphinine cetaceans? *Marine Mammal Science*, v. 29:567-785. doi:10.1111/mms.12051
- Secchi, E. 2012. *Sotalia fluviatilis*. In: IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. www.iucnredlist.org. Accessed March 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T190871A17583369.en>.
- Steeman, M. E. et al. 2009. Radiation of Extant Cetaceans Driven by Restructuring of the Oceans. *Systematic Biology* 58: 573-585. doi: 10.1093/sysbio/syp060.
- True, F. W. 1889. Contributions to the natural history of the cetaceans, a review of the family Delphinidae. *Bulletin of the United States National Museum*, Washington.
- Wickert, J. C., S. M. Eye, L. R. Oliveira and I. B. Moreno. 2016. Revalidation of *Tursiops gephyreus* Lahille, 1908 (Cetartiodactyla: Delphinidae) from the southwestern Atlantic Ocean. *Journal of Mammalogy* 97:1728–1737.

Capítulo II

Morfologia do crânio de golfinhos (Cetartiodactyla: Delphininae): uma abordagem funcional.

Sophie Maillard von Eye* e Ignacio Benites Moreno...

Laboratório de Sistemática e Ecologia de Aves e Mamíferos Marinhos (LABSMAR), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Bloco IV, Prédio 43435, Sala 219, Porto Alegre, RS CEP 91509-900, Brasil (SMVE, IBM).

In this study, a landmark-based geometric morphometric analysis was carried out on the neurocranium of 254 specimens of *Delphinus delphis*, *Lagenodelphis hosei*, *Stenella coeruleoalba*, *S. frontalis*, *Sotalia guianensis*, *S. fluviatilis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* and *T. gephyreus* in order to (1) quantify the interspecific variation of the neurocranium's shape and (2) analyze that variation in light of the functional morphology, since the different species of dolphins are adapted to different habitats. The specimens did not show sexual dimorphism and the allometry tested concluded that a low percentage of the shape is predicted by size. The species of *Sotalia* were separated from the other taxa in all views. *Tursiops truncatus* and *Stenella frontalis* presented similarities on neurocranium's shape. The two species of *Stenella* did not form a cohesive group; and even *S. coeruleoalba* presented a pattern more similar to *Lagenodelphis hosei* than *S. frontalis*. The variation of the shape in the occipital region of the neurocranium in the dorsal and ventral view; differences in the shape of the post-orbital and lacrimal process; and variation in the temporal fossa were important drivers to distinguish the groups in the form space through the analysis of covariance. The observed patterns may be related to adaptations to echolocate and consume different dietary resources resulting from similar evolutionary pressures, inherent to habitat and eating habits, conferring a convergence on the pattern of shape.

Keywords: Delphininae; Geometric Morphometrics; Morphological adaptations

Delphinidae (Cetacea) inclui 38 espécies distribuídas em 17 gêneros (Committee on Taxonomy 2016) e cinco subfamílias: Delphininae, Lissodelphininae, Stenoninae, Orcinae e Globicephalinae (LeDuc et al. 1999). Atualmente, seus representantes estão distribuídos em águas neríticas e oceânicas de regiões subtropicais, tropicais e temperadas (LeDuc 2008).

O crânio dos golfinhos pode ser dividido em componentes funcionais: o neurocrânio, aparato alimentar, visual, auditivo, respiratório e de produção de som (Perrin 1975). O crânio é formado pelos ossos frontal, parietal, esfenóide, temporal, etimóide e occipital. O aparato alimentar em Delphinidae, é considerado mais variável do que o neurocrânio, indicando que o rostro varia, até certo ponto, independentemente da caixa craniana (Perrin 1975). O aparato é composto pelo rostro, fossa temporal, processos zigomático e pós-orbital, mandíbula, dentes e aparato hióide. O rostro é formado por três estruturas ósseas, maxila, pré-maxila e vômer (Mead and Fordyce 2009). Tais estruturas possuem variação de forma e tamanho, existindo uma gama de comprimentos e larguras de rostro, diferentes números e tamanhos de dentes. A fossa temporal, mais precisamente, pode ocupar quase que a totalidade da superfície externa do crânio (*lamina externa cranii*) em algumas espécies (eg. *Steno bredanensis*), enquanto que em outras é diminuta (eg. *Lagenodelphis hosei*). Essa variação reflete a diversidade de nichos ecológicos ocupados pelas diferentes espécies (LeDuc 2008).

Segundo Perrin et al. (2013) Delphininae (sensu LeDuc et al. 1999) inclui cinco gêneros: *Stenella*, *Lagenodelphis*, *Sousa*, *Delphinus* e *Tursiops*. Entretanto, há conflito entre as hipóteses filogenéticas disponíveis, com clados recuperados sendo formados por diferentes números de gêneros e espécies. Há pouca congruência entre os estudos em relação à inclusão dos gêneros *Sotalia* e *Sousa*. LeDuc et al. (1999) publicaram uma análise abrangente das relações filogenéticas de Delphinidae, baseada em sequências completas de citocromo b, na qual Delphininae é recuperada nos taxons: *Sousa*, *Stenella*, *Lagenodelphis*, *Tursiops* e *Delphinus*; enquanto que *Steno bredanensis* e *Sotalia* são classificadas na subfamília Steninae. McGowen et al. (2011), através da análise de genes mitocondriais e nucleares, recuperou Delphininae formada por *Tursiops*, *Stenella*, *Delphinus*, *Sousa* e *Lagenodelphis*; *Sotalia* aparece como grupo-irmão de

Delphininae e *Steno bredanensis* como grupo-irmão de Globicephalinae. Apesar dos conflitos, existe há concordância em relação à inclusão dos gêneros *Delphinus*, *Lagenodelphis*, *Stenella* e *Tursiops* dentro de Delphininae, entretanto, é consenso que *Stenella* é um gênero parafilético (LeDuc et al. 1999, Steeman et al. 2009, McGowen 2011, Amaral et al. 2012). A parafilia dentro de Delphininae sugere que este agrupamento não reflete com precisão as relações evolutivas dentro da subfamília, levando ao questionamento se esses não deveriam ser sinonimizados sob o gênero *Delphinus* (Perrin et al. 2013). Contudo, a sinonimização ignora as relações filogenéticas já bem estabelecidas, assim como o fato de que *Sousa*, *Delphinus* (tal como a conhecemos) e *Lagenodelphis* são gêneros diagnosticáveis (Jefferson 2014).

Delphinus delphis, *L. hosei*, *S. bredanensis*, *S. attenuata*, *S. longirostris*, *S. coeruleoalba* e *T. truncatus* possuem distribuição pantropical, ocorrendo em todos os oceanos (Archer 2008; Dolar 2008; Perrin 2008a; Perrin 2008b; Perrin 2008c; Wells & Scott 2008; Sicilano et al 2006). Entretanto, apesar da aparente homogeneidade do ambiente marinho, observa-se a ocorrência de espécies com distribuição restrita no Oceano Atlântico: *S. frontalis* e *S. clymene* (Perrin 2008d; Siciliano et al 2006), *Sotalia fluviatilis* e *Sotalia guianensis* (Flores and Silva 2008). Adaptações a nichos locais vêm sendo investigadas por diversos pesquisadores e, populações estruturadas (Jefferson et al. 2009), revalidações de espécies (Heinyng and Perrin 1994; Wickert 2016) e novas espécies (Wang et al. 2000a, 2000b; Charlton-Robb et al. 2011) estão sendo propostas, o que indica que os oceanos oferecem condições locais específicas que favorecem ou não, a presença de determinadas espécies (Baumgartner et al. 2001). Essas adaptações à diferentes requerimentos ambientais podem ser relacionadas a padrões morfológicos, principalmente padrões associados a estruturas responsáveis pela alimentação e ecolocalização (Rice 1998; Bearzi et al. 2005).

Historicamente, a variação morfológica intraespecífica e interespecífica de Delphinidae vem sendo estudada através da morfometria tradicional (Flower 1883; Perrin et al. 1987; True 1889; Heyning and Perrin 1994; Messenger and McGuire 1998; Buchholtz and Schur 2004), na qual as características de interesse são escolhidas *a priori* (Adams and Rohlf 2000). Atualmente, a morfometria geométrica vem

sendo aplicada como ferramenta de investigação da variação morfológica em Delphinidae e importantes resultados com implicações funcionais e evolutivas foram publicados (*e.g.* Loy et al. 2001; Amaral et al. 2009; Barroso et al. 2012; del Castillo et al. 2014; Guidarelli et al. 2014). A morfometria geométrica permite uma abordagem mais exploratória da variação morfológica e de combinações de variáveis de forma que podem ser exploradas mesmo sem serem estritamente identificadas durante a fase de coleta de dados (Adams and Rohlf 2000). Além disso, a ferramenta permite a separação entre a variável tamanho e forma, assim como a aplicação de análises estatísticas mais robustas, e ainda permite a visualização da variação da configuração dos landmarks em representações gráficas (Rohlf and Marcus 1993). Devido a isso, a utilização da morfometria geométrica no estudo com cetáceos é recorrente. A exemplo de *Sotalia fluviatilis* e *Sotalia guianensis*, que foram elevadas a espécie em um estudo que utilizou como ferramenta a morfometria geométrica (Monteiro-Filho et al. 2002). A compreensão da variação interespecífica de crânio e mandíbula do clado *Tursiops-Stenella-Delphinus*, considerado o mais conflitantes dentro de Delphininae (LeDuc et al. 1999; Perrin et al. 2013), é outro exemplo de utilização da morfometria geométrica no estudo de cetáceos (Amaral et al. 2009; Guidarelli et al. 2014).

O entendimento da relação entre a variação de forma e os requerimentos ecológicos podem ajudar na compreensão de como as espécies estão adaptadas ao meio (Hoezel 1998). Uma vez que a morfometria geométrica é uma ferramenta que visa quantificar a forma e a sua variação, neste estudo, a variação morfológica interespecífica de crânios de golfinhos foi avaliada. Optou-se por espécies que estão adaptadas a diferentes habitats e que possuem concordância quanto a sua presença em Delphininae. Sendo assim nossos objetivos são (1) quantificar a variação da forma do crânio das espécies através da morfometria geométrica 2D e (2) interpretar a variação da forma das espécies à luz de implicações funcionais.

Material e Métodos

Os dados foram obtidos de 254 crânios de indivíduos osteologicamente maduros, depositados em coleções científicas do sul e sudeste do Brasil e em Lisboa, Portugal (S1. Informação suplementar). Foram considerados crânios osteologicamente maduros aqueles que apresentaram o crânio com todas as suturas fusionadas, sem mobilidade, e todos os alvéolos dentários formados (Tavares et al. 2010). Dados de seis gêneros e nove espécies foram coletados: *Delphinus delphis*, *Lagenodelphis hosei*, *Stenella coeruleoalba*, *S. frontalis*, *Sotalia guianensis*, *S. fluviatilis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *T. gephyreus*. Os espécimes analisados identificados no gênero *Delphinus* foram agrupados e denominados *Delphinus delphis*, seguindo a sugestão do Comitê de Taxonomia da *Society for Marine Mammals* (Committee on Taxonomy 2016).

A forma dos neurocrânios foi analisada por meio da morfometria geométrica. Para isso, foram selecionados os crânios que apresentaram todas estruturas presentes e não danificadas (Tabela 1). Os crânios foram fotografados com uma câmera digital Nikon D7000 em vistas dorsal, ventral e lateral esquerda, todas com a mesma distância focal, 70cm. Marcos anatômicos baseados em Amaral et al. (2009), Loy et al. (2011) e Galatius e Goodall (2016) foram digitalizados nas fotos de cada espécime no programa TpsDig2 versão 2.26 (Rohlf 2015) (Fig. 1; Tabela 2). A nomenclatura das estruturas osteológicas segue Mead e Fordyce (2009).

Tabela 1 - Números de espécimes analisados, em cada vista, através da morfometria geométrica 2D, discriminados em espécie. - *esquerda.

Espécie	Vista Dorsal	Vista Ventral	Vista Lateral*
<i>Delphinus delphis</i>	53	46	48
<i>Lagenodelphis hosei</i>	8	8	9
<i>Stenella coeruleoalba</i>	14	14	15
<i>Stenella frontalis</i>	32	31	32
<i>Tursiops gephyreus</i>	14	11	12
<i>Tursiops truncatus</i>	36	27	29
<i>Steno bredanensis</i>	17	13	16
<i>Sotalia fluviatilis</i>	9	7	9
<i>Sotalia guianensis</i>	31	39	49
Total	196	196	220



Fig. 1 – Configurações de marcos anatômicos nas vistas dorsal (a), ventral (b) e lateral (c) avaliados nos espécimes de Delphinidae.

Tabela 2 – Descrição e numeração dos marcos anatômicos em cada vista analisada.

Vista Dorsal	Vista Ventral	Vista Lateral
1 e 13. Borda saliente do maxilar	1 e 17. Alvéolo mais posterior	1. Ponto anterior da sutura entre o processo pré-orbital da maxila e o processo pré-orbital do lacrimal
2 e 12. Entalhe anterorbital	2 e 16. Entalhe anterorbital	2. Sutura entre o processo pré-orbital do lacrimal, processo pré-orbital do frontal e maxila
3 e 11. Ponto mais anterior do processo anterorbital	3 e 15. Ponto mais anterior do processo pré-orbital do lacrimal	3. Sutura ventral entre o processo pré-orbital do lacrimal e o processo pré-orbital do frontal
4 e 10. Ponto mais externo do processo pré-orbital do frontal	4 e 14. Ponto mais posterior do processo pré-orbital do lacrimal	4. Ponto mais ventral do processo pré-orbital do lacrimal
5 e 9. Ponto mais externo do processo pós-orbital do frontal	5 e 13. Ponto extremo do processo pós-orbital do frontal	5. Ponto mais anterior do processo pós-orbital do frontal
6 e 8. Ponto mais posterior da crista temporal	6 e 12. Sutura entre o jugal e o esquamosal	6. Ponto mais posterior do processo pós-orbital do frontal
7. Ponto mais posterior do supraocipital	7 e 11. Ponto mais posterior da fossa mandibular do esquamosal	7. Ponto mais posterior do processo zigomático do esquamosal
14 e 16. Ponto mais anterior do lado interno do nasal	8 e 10. Ponto mais posterior do processo parocipital	8. Sutura entre o jugal e o processo zigomático do esquamosal
15 e 17. Ponto mais posterior do lado interno do nasal	9. Entalhe intercondilar	9. Ponto mais ventral da sutura entre o processo pós-glenoide do esquamosal e o exocipital
18 e 19. Ponto mais posterior do processo nasal da premaxila	18 e 21. Ponto mais posterior do lado externo do hamulus do pterigoide	10. Ponto mais ventral do exocipital
20 e 21. Ponto mais posterior da fossa do saco premaxilar	19 e 20. Ponto mais posterior do lado interno do pterigoide	11. Sutura entre o o parietal e o exocipital, na fossa temporal do crânio
22 e 24 – Ponto mais anterior do lado externo do nasal		12. Ponto mais dorsal da fossa temporal do crânio
23 e 25. Ponto mais posterior do lado externo do nasal		13. Ponto mais posterior do côndilo occipital
26 e 27. Ponto mais anterior do forame da premaxila		14. Sutura entre o nasal esquerdo e o frontal
		15. Ponto mais posterior da fossa temporal do crânio
		16. Sutura entre o processo nasal da pré-maxila e o frontal

A confiabilidade da posição dos marcos anatômicos foi testada através do teste de repetibilidade (Amaral et al. 2009). Em 3 dias consecutivos os marcos anatômicos foram digitalizados em 11 imagens (selecionadas aleatoriamente), em cada uma das três vistas. A forma das 3 digitalizações foi comparada por um teste de análise de variância de Procrustes (ANOVA de Procrustes), realizado no programa MorphoJ versão 1.06d (Klingenberg 2011).

Foi realizada a Análise Generalizada de Procrustes (GPA), separadamente para cada vista. Na GPA os marcos anatômicos são sobrepostos removendo diferenças individuais de escala, posição e orientação permitindo o acesso apenas a informação referente a forma (Rohlf and Slice 1990). Na GPA, os parâmetros de translação e rotação são otimizados através do método de mínimos quadrados. Uma vez que o método de mínimos quadrados assume que os marcos anatômicos possuem igual variância (Klingenberg 2013), optou-se por retirar o marco anatômico “ponta do rosto”. A decisão foi tomada pois não foram encontrados marcos anatômicos homólogos ao longo do rosto. A homologia dos marcos é uma das premissas para a aplicação da ferramenta e, apenas um marco em uma pequena região da configuração, causaria uma variação extremamente localizada (Monteiro e Reis 1999).

Após a GPA, uma configuração consenso é gerada, assim como dois novos conjuntos de variáveis são obtidos, variáveis de forma e valores de tamanho do centroide (CS). A alometria foi investigada, para todas as vistas, através de uma regressão multivariada da forma em relação ao CS (10.000 permutações), identificando assim, o quanto da variação da forma pode ser predita pelo tamanho (CS). As análises foram realizadas no programa MorphoJ versão 1.06d (Klingenberg 2011).

O tamanho do centroide e a forma das estruturas, nas três vistas, foram avaliados em relação ao dimorfismo sexual e variação interespecífica através de uma análise de variância de dois fatores (ANOVA two-way – espécie x sexo) e uma análise multivariada de variância (MANOVA), respectivamente. *Sotalia fluviatilis* foi excluída das análises de dimorfismo sexual por causa do pequeno número de espécimes examinados: apenas uma fêmea e um macho. Variações interespecíficas na forma foram investigadas, para cada visita, utilizando-se a análise de variância canônica (CVA), com o intuito

de localizar e descrever as semelhanças nas deformações das estruturas. Foram utilizados, para cada vista, os primeiros componentes canônicos que explicam 100% da variação. As análises foram realizadas no programa Rstudio Team (2015).

Resultados

Não houve diferença entre as réplicas de cada vista, tanto para o tamanho do centroide, quanto para a forma. Não houve interação significativa entre os fatores sexo e espécie, tanto para o tamanho do centroide, quanto para a forma, em todas vistas (Tabela 3 e 4). Sendo assim, as análises subsequentes foram realizadas com todos os espécimes, incluindo os espécimes sem sexo determinado.

Tabela 3 – Resultado da análise ANOVA de dois fatores para o tamanho do centroide das espécies de Delphinidae nas vistas dorsal, ventral e lateral esquerda. *Amostra com todos os espécimes, sexados e não sexados.

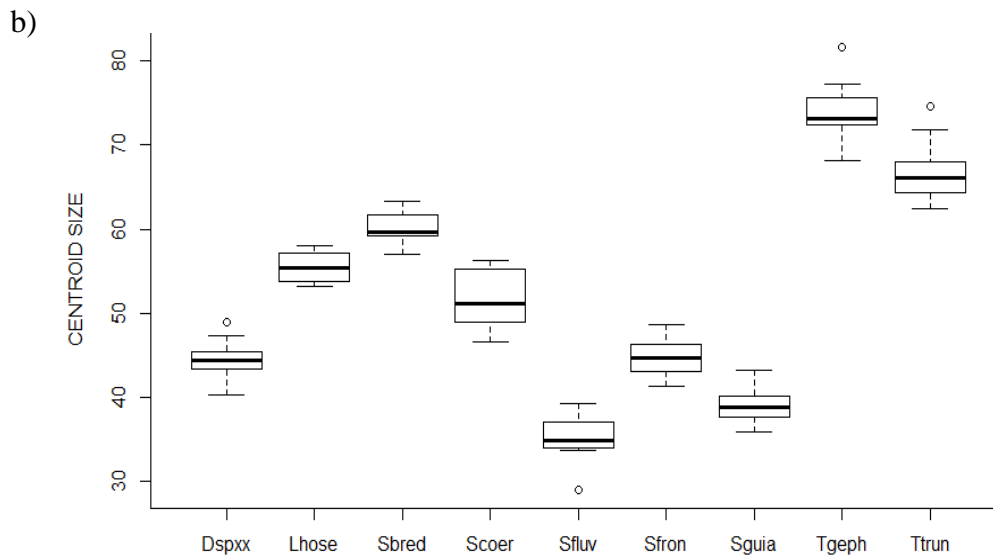
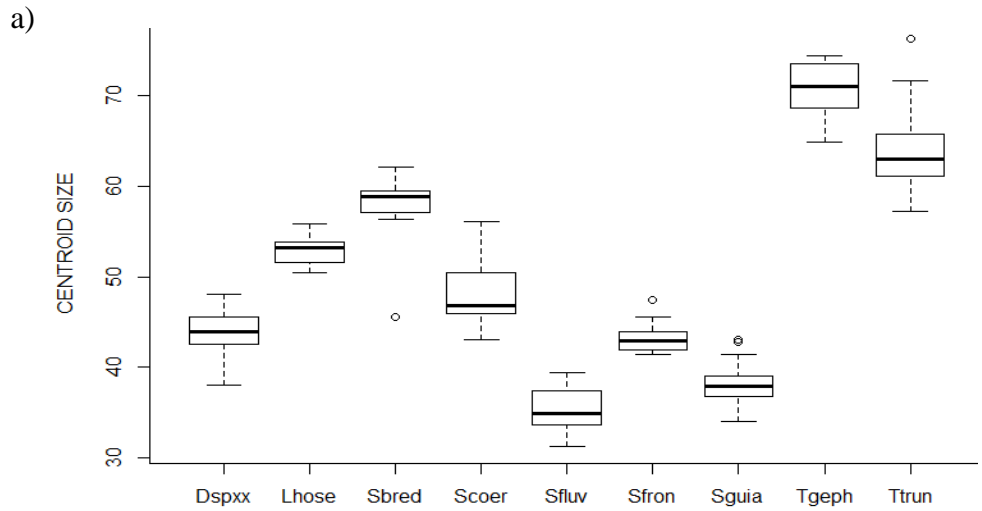
Efeito	<i>Sum Sq</i>	<i>Df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Vista Dorsal</i>				
Espécies*	22772	8	346.285	$< 2 \times 10^{-16}$
Sexo	25	1	3.431	0.0683
Espécie x Sexo	25	6	0.570	0.7526
Residual	496	69		
<i>Vista Ventral</i>				
Espécies*	23852	8	524.4	$< 2 \times 10^{-16}$
Sexo	328	1	59.541	7.81^{-11}
Espécie x Sexo	27	6	0.803	0.571
Residual	369	67		
<i>Vista Lateral</i>				
Espécies*	15706	8	571.917	$< 2 \times 10^{-16}$
Sexo	2	1	0.435	0.512
Espécie x Sexo	10	6	0.483	0.819
Residual	263	74		

Tabela 4 - Resultado da análise MANOVA para as coordenadas de forma das espécies de Delphinidae nas vistas dorsal, ventral e lateral esquerda. *Amostra com todos os espécimes, sexados e não sexados.

Efeito	Df	Wilks aprox.	Fnum	Df	Df den	P(> F)
<i>Vista Dorsal</i>						
Espécies*	8	1.404 ⁻⁶	14.077	400	12551	< 2.2 x 10 ⁻¹⁶
Sexo	1	0.216351	1.3494	51	19	0.2402
Espécies x Sexo	6	0.000459	1.0509	306	122.36	0.3801
Residual	69					
<i>Vista Ventral</i>						
Espécies*	8	4.8068 ⁻⁶	14.792	304	1193.8	< 2.2 x 10 ⁻¹⁶
Sexo	1	0.47434	0.9285	37	31	0.5887
Espécies x Sexo	6	0.01798	0.8402	222	192.58	0.8951
Residual	67					
<i>Vista Lateral</i>						
Espécies*	8	3.2993 ⁻⁵	17.914	224	1428.1	< 2.2 x 10 ⁻¹⁶
Sexo	1	0.62739	0.9969	28	47.00	0.4922
Espécies x Sexo	6	0.06981	0.9697	168	284.77	0.5837
Residual	74					

Diferenças interespecíficas no tamanho do centroide e na forma foram significativas ao analisar todos os espécimes (Tabela 3 e 4). Ao investigar a alometria interespecífica, o tamanho do centroide explicou uma baixa porcentagem da variação da forma, apesar dessa porcentagem ser significativa para as vistas dorsal e ventral. Na vista dorsal 2% da forma é predita pelo tamanho ($P < 0,001$), na ventral 1.48% ($P = 0.0081$) e na lateral 0.85% ($P = 0.0653$). O tamanho do centroide varia de forma similar nas três vistas cranianas. *Tursiops truncatus* e *T. gephyreus* apresentam os maiores crânios, enquanto *Sotalia*

fluviatilis apresenta o menor. Tamanhos intermediários são apresentados por *Steno bredanensis*, *D. delphis*, *L. hosei*, *S. coeruleoalba*, *S. frontalis* e *Sotalia guianensis* (Fig. 2).



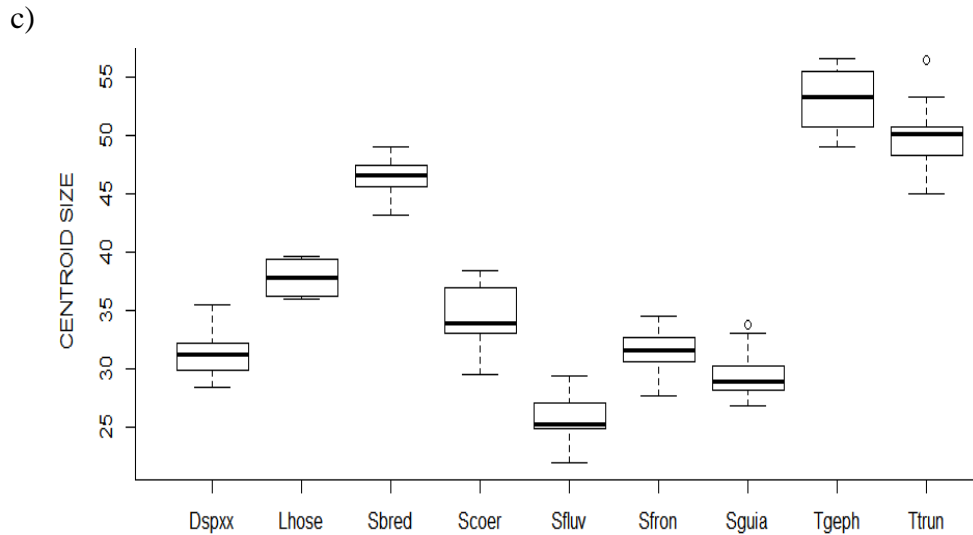
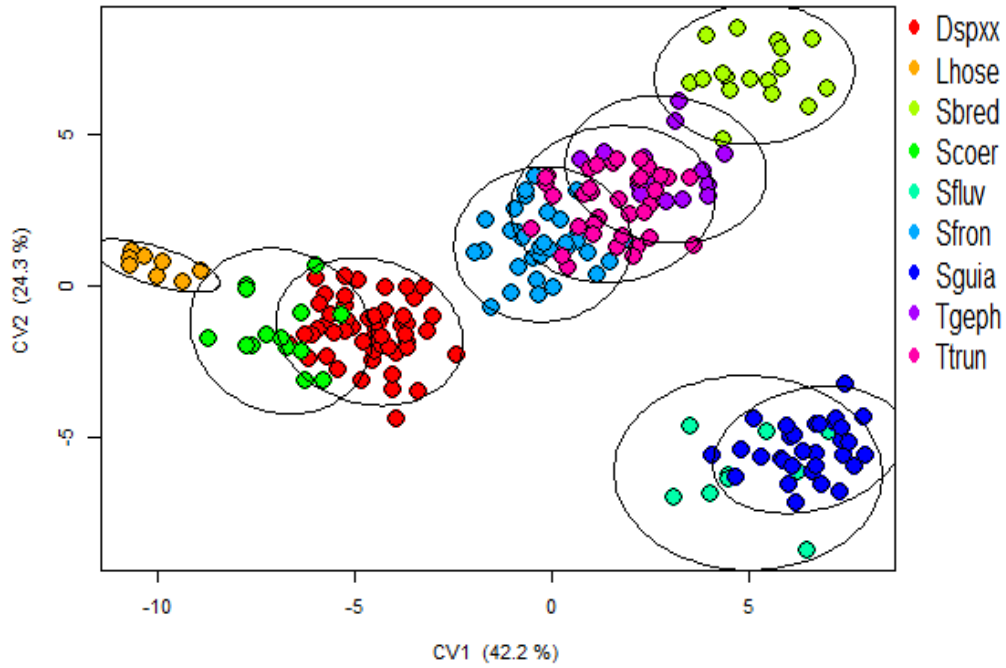


Fig. 2 - Box plot do tamanho do centroide do crânio de espécies de Delphinidae. Linha horizontal em negrito representa a mediana; a base e o topo da caixa representam, respectivamente, 25% e 75% dos valores observados. A linha pontilhada vertical superior mostra o valor máximo e a linha vertical pontilhada inferior mostra o valor mínimo do tamanho do centroide para cada espécie. Círculos = *outliers*. a) Vista dorsal; b) Vista ventral; c) Vista lateral. Dspxx = *Delphinus delphis*; Lhose = *Lagenodelphis hosei*; Sbred = *Steno bredanensis*; Scoer = *Stenella coeruleoalba*; Sfluv = *Sotalia fluviatilis*; Sfron = *Stenella frontalis*; Sguia = *Sotalia guianensis*; Tgeph = *Tursiops geophysus*; Ttrun = *Tursiops truncatus*.

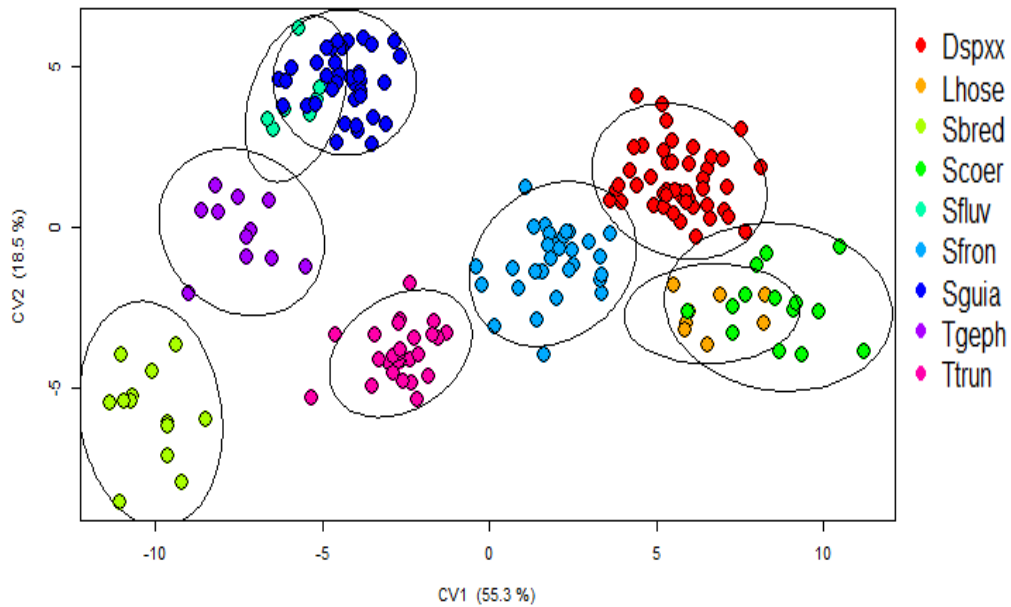
Os dois primeiros eixos da CVA explicam 66.5%, 73.8% e 78% da variação para as vistas dorsal, ventral e lateral, respectivamente. *Stenella coeruleoalba*, *L. hosei* e *D. delphis* aparecem próximos no espaço de forma das três vistas, assim como *Sotalia guianensis* e *S. fluviatilis*. *Stenella frontalis* é observada próxima a *T. truncatus* nas três vistas, sendo que na vista ventral e lateral esta próxima também do grupo *D. delphis*+*S. coeruleoalba*+*L. hosei*. *Steno bredanensis* é observado nos extremos do espaço de forma das três vistas, próximo a *T. truncatus* e *T. geophysus*. As duas espécies de *Tursiops* formam um grupo coeso nas vistas dorsal e lateral, entretanto, na vista ventral aparecem distanciadas (Fig. 3).

As menores distâncias entre os grupos de espécies classificados *a priori* para a análise de CVA foram observadas entre as espécies de *Sotalia* para a vista dorsal (Tabela 5), ventral (Tabela 6). Em vista lateral (Tabela 7) a menor distância observada foi entre os espécimes de *S. coeruleoalba* e *L. hosei*.

a)



b)



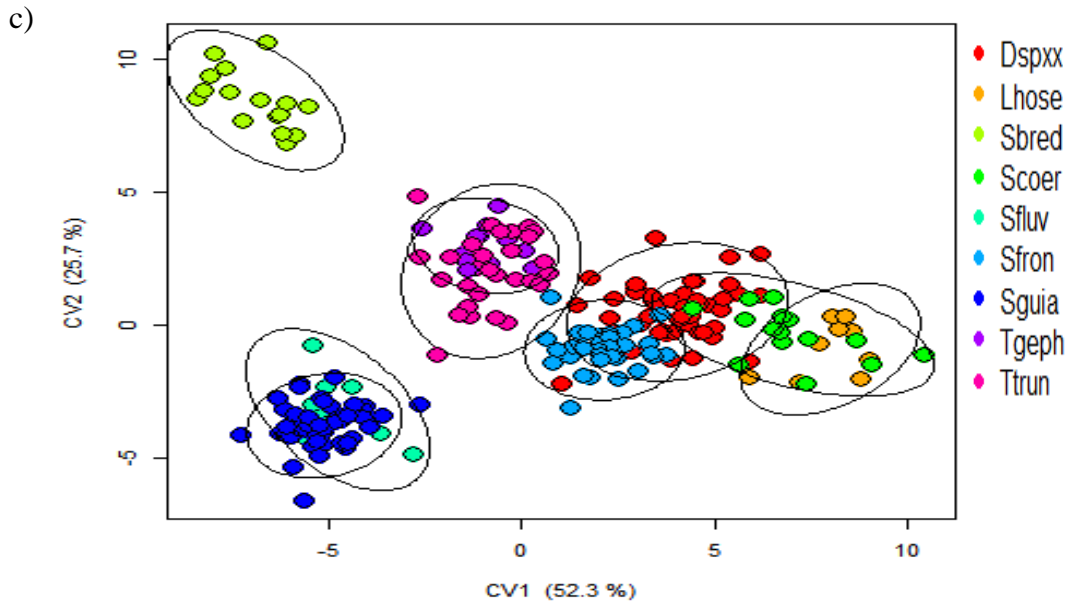


Fig. 3 – Ordenação das espécies de Delphinidae no espaço de forma baseado na variação da forma para os dois primeiros eixos canônicos (CV1 e CV2). a) Vista dorsal; b) Vista ventral; c) Vista lateral. Dspxx = *Delphinus delphis*; Lhose = *Lagenodelphis hosei*; Sbred = *Steno bredanensis*; Scoer = *Stenella coeruleoalba*; Sfluv = *Sotalia fluviatilis*; Sfron = *Stenella frontalis*; Sguia = *Sotalia guianensis*; Tgeph = *Tursiops gephyreus*; Ttrun = *Tursiops truncatus*.

Tabela 5 – Análise de Variáveis Canônicas (CVA) para a forma do crânio em vista dorsal das espécies de Delphinidae (sem distinção de sexo). Valores de P após teste de permutação (1000 permutações) estão acima da diagonal principal e as distâncias de Mahalanobis estão abaixo da diagonal principal. Dspxx = *Delphinus delphis*; Lhose = *Lagenodelphis hosei*; Sbred = *Steno bredanensis*; Scoer = *Stenella coeruleoalba*; Sfluv = *Sotalia fluviatilis*; Sfron = *Stenella frontalis*; Sguia = *Sotalia guianensis*; Tgeph = *Tursiops geophysus*; Ttrun = *Tursiops truncatus*.

	Dspxx	Lhose	Sbred	Scoer	Sfluv	Sfron	Sguia	Tgeph	Ttrun
Dspxx		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4956	<.0001	<.0001	<.0001
Lhose	9,8163		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Sbred	16,1113	19,9267		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Scoer	9,1760	7,7430	18,7098		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Sfluv	10,8057	15,6164	14,2670	13,2867		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Sfron	8,4659	11,7189	12,9382	9,0158	9,1738		<.0001	<.0001	<.0001
Sguia	11,9992	16,8335	13,4085	14,0412	6,1650	9,3773		<.0001	<.0001
Tgeph	14,1605	17,3056	11,0295	15,9470	10,9214	10,0193	10,8200		<.0001
Ttrun	11,2318	14,7786	10,5820	12,9417	8,9562	6,8188	8,9704	6,6118	

Tabela 6 – Análise de Variáveis Canônicas (CVA) para a forma do crânio em vista ventral das espécies de Delphinidae (sem distinção de sexo). Valores de *P* após teste de permutação (1000 permutações) estão acima da diagonal principal e as distâncias de Mahalanobis estão abaixo da diagonal principal. Dspxx = *Delphinus delphis*; Lhose = *Lagenodelphis hosei*; Sbred = *Steno bredanensis*; Scoer = *Stenella coeruleoalba*; Sfluv = *Sotalia fluviatilis*; Sfron = *Stenella frontalis*; Sguia = *Sotalia guianensis*; Tgeph = *Tursiops geophysus*; Ttrun = *Tursiops truncatus*.

	Dspxx	Lhose	Sbred	Scoer	Sfluv	Sfron	Sguia	Tgeph	Ttrun
Dspxx		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Lhose	9,3944		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Sbred	19,0739	20,5531		<.0001	0.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Scoer	8,2332	5,8941	21,7360		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Sfluv	13,6043	16,2862	16,6232	17,0462		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Sfron	7,3162	8,0732	16,3834	8,8034	11,3228		<.0001	<.0001	<.0001
Sguia	11,6155	14,6501	16,3235	15,4257	5,1613	9,4354		<.0001	<.0001
Tgeph	17,2006	16,9361	12,3218	18,9028	14,3296	14,1166	13,3473		<.0001
Ttrun	13,1384	11,9299	13,5548	13,4618	13,1646	8,9298	12,2017	8,2567	

Tabela 7 – Análise canônica de variação (CVA) para a forma do crânio em vista lateral das espécies de Delphinidae (sem distinção de sexo). Valores de P após teste de permutação (1000 permutações) estão acima da diagonal principal e as distâncias de Mahalanobis estão abaixo da diagonal principal. Dspxx = *Delphinus delphis*; Lhose = *Lagenodelphis hosei*; Sbred = *Steno bredanensis*; Scoer = *Stenella coeruleoalba*; Sfluv = *Sotalia fluviatilis*; Sfron = *Stenella frontalis*; Sguia = *Sotalia guianensis*; Tgeph = *Tursiops geophysus*; Ttrun = *Tursiops truncatus*.

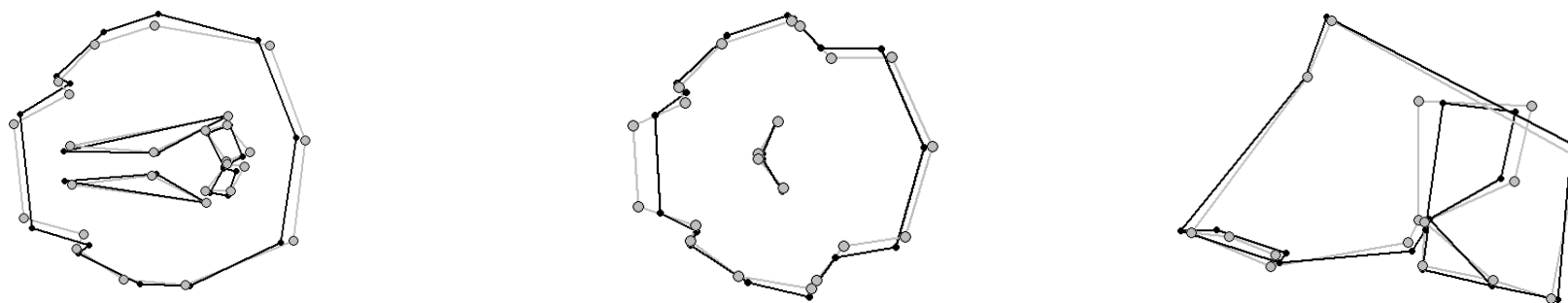
	Dspxx	Lhose	Sbred	Scoer	Sfluv	Sfron	Sguia	Tgeph	Ttrun
Dspxx		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Lhose	7,3228		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0001	<.0001
Sbred	14,7949	18,3001		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Scoer	6,1632	3,9928	17,2781		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Sfluv	10,2570	14,3667	13,9501	13,1362		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Sfron	5,0319	7,8626	14,0044	6,7846	9,1449		<.0001	<.0001	<.0001
Sguia	10,3739	13,8716	13,1762	12,9607	4,9650	8,4485		<.0001	<.0001
Tgeph	8,8958	11,5420	10,0548	10,2321	10,4715	7,5632	9,5773		<.0001
Ttrun	9,1573	10,8785	11,3400	9,9793	9,8092	6,5150	8,9528	5,1207	

Foram observados padrões morfológicos nas espécies agrupadas no espaço de forma para cada vista. Para melhor compreensão dos padrões os resultados são apresentados comparativamente. Para tal, foram comparados o padrão de forma de cada espécie dentro do mesmo agrupamento e a variação do padrão de forma entre diferentes grupos. Para isso optou-se por formar grupos comparativos: (1) *Delphinus delphis* + *Lagenodelphis hosei* + *Stenella coeruleoalba*; (2) *Stenella frontalis*; (3) *Tursiops truncatus* + *Tursiops geophysus* + *Steno bredanensis*; (4) *Sotalia guianensis* + *Sotalia fluviatilis*.

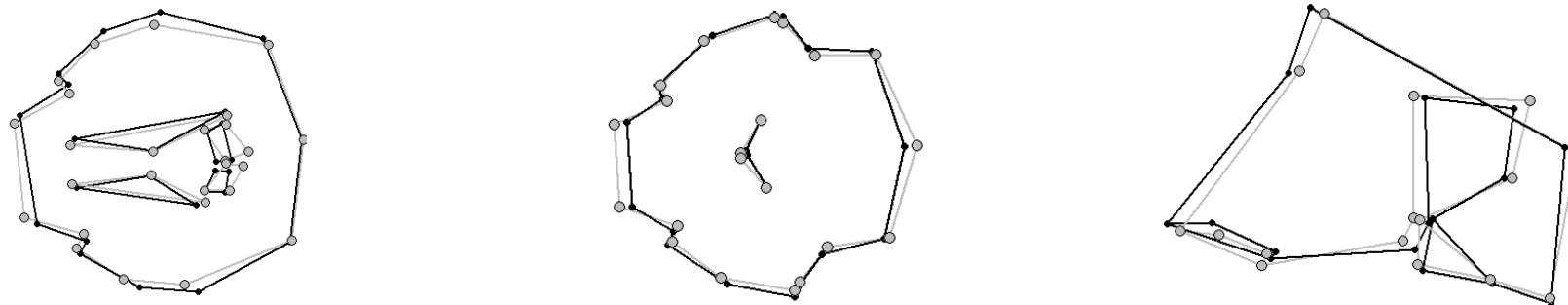
Delphinus delphis + *Lagenodelphis hosei* + *Stenella coeruleoalba*. - Quando as três espécies são comparadas no espaço de forma da vista dorsal, *S. coeruleoalba* e *D. delphis* estão mais próximos; e, ao

se comparar as formas consensos das espécies, observa-se que as semelhanças estão na parte posterior do neurcrânio (Fig. 4). Tanto *S. coeruleoalba* como *L. hosei* possuem uma expansão lateral do crânio, o que é observado nas vistas dorsal e ventral. Essa expansão lateral resulta em uma maior largura medio-lateral na região que compreende o ponto mais anterior dos processos anterorbital, pré-orbital e pós-orbital do frontal (*os frontale*) e ponto mais posterior da crista temporal (*os temporale*) – marcos anatômicos 3 a 6 em vista dorsal (Fig. 4). No espaço de forma da vista ventral, *S. coeruleoalba* e *L. hosei* estão mais próximas. As duas espécies são muito similares quando comparadas as suas formas consenso; *L. hosei* possui o crânio com maior expansão lateral, assim como na base da maxila. Em relação a *D. delphis*, os espécimes aparecem mais afastados no espaço de forma na vista ventral. Ao se observar os crânios em vista ventral, *D. delphis* possui crânio alongado anteroposteriormente, em relação a *S. coeruleoalba* e *L. hosei* (Fig. 4). Na vista dorsal, a forma da região occipital do crânio de *L. hosei* e *S. coeruleoalba* é mais arredondada, quando compara as demais espécies (Fig. 5). O sulco palatino (*sulcus palatinus*), um caráter qualitativo, é uma característica observada nas três espécies; *Delphinus delphis* possui um sulco que chega até a extremidade distal do rostrum; em *L. hosei* tem comprimento intermediário e em *S. coeruleoalba* é curto (Fig. 5). Na vista lateral, as três espécies são agrupadas, juntamente com *S. frontalis*: todas possuem uma fossa temporal (*fossa temporalis*) pequena, quando comparada com as outras espécies analisadas. Em *L. hosei* e *S. coeruleoalba* a sutura entre a maxila (*os maxillaris*), processo pré-orbital do frontal e processo pré-orbital do lacrimal (*os lacrimale*) é deslocada dorsalmente; e a fossa temporal é menor, quando comparada a *D. delphis*. Um caráter qualitativo observado em *S. coeruleoalba* e *L. hosei*, em vista lateral, é o achatamento antero-posterior da região posterior do neurocrânio (Fig. 6).

Delphinus delphis vs. *Lagenodelphis hosei*



Delphinus delphis vs. *Stenella coeruleoalba*



Lagenodelphis hosei vs. *Stenella coeruleoalba*

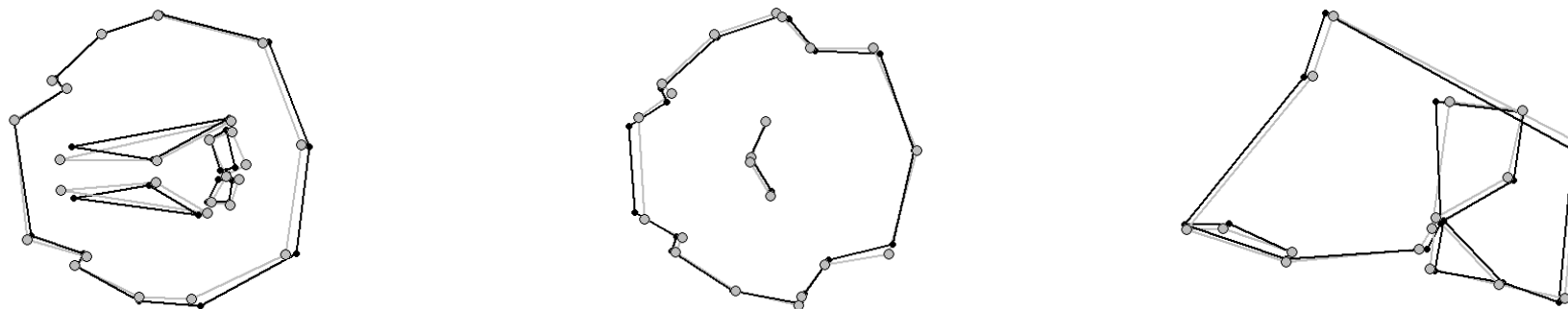


Fig. 4 – Comparação entre as formas consenso do crânio de *Delphinus delphis*, *Stenella coeruleoalba* e *Lagenodelphis hosei* na vista dorsal (primeira coluna), ventral (coluna central) e lateral (última coluna). Espécie 1 vs Espécie 2; Linha cinza = forma consenso da espécie 1; Linha preta = forma consenso da espécie 2.



Fig. 5— Foto de crânios de *Delphinus delphis*, *Stenella coeruleoalba* e *Lagenodelphis hosei* em vista dorsal (a) e ventral (b). SP = sulco palatino; BR = base do rostro.

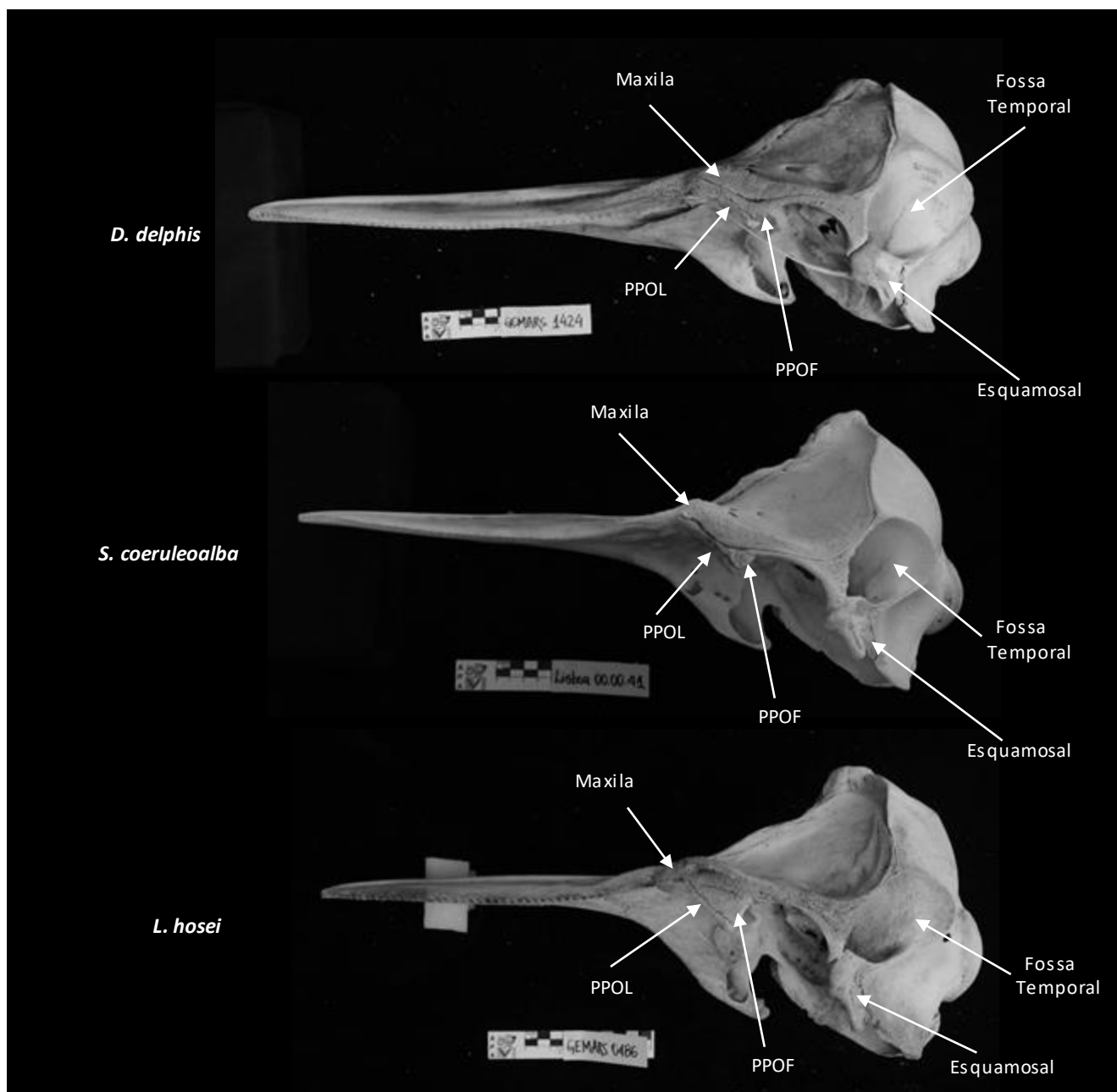


Fig. 6 - Foto de crânios de *Delphinus delphis*, *Stenella coeruleoalba* e *Lagenodelphis hosei* em vista lateral. PPOL = Processo pré-orbital do lacrimal; PPOF = Processo pré-orbital do frontal.

Stenella frontalis - No espaço de forma da vista dorsal, *S. frontalis* ficou próxima ao agrupamento formado por *T. truncatus* + *T. gephyreus*. A forma do crânio trapezoidal é um padrão compartilhado entre essas espécies. Ao compararmos o padrão de forma de *S. frontalis* com *T. truncatus*, em vista dorsal e ventral, fica evidente a semelhança (Fig. 7). Em vista ventral, *S. frontalis* não formou um grupo tão coeso com *T. truncatus*. Entretanto, em vista lateral, os espécimes de *S. frontalis* formaram um agrupamento com *D. delphis* e *S. coeruleoalba*; todas essas espécies apresentam uma fossa temporal pequena, quando comparadas as demais (Fig. 7). Apenas na vista lateral, *S. frontalis* ficou próxima a *S. coeruleoalba*. Além de uma fossa temporal pequena, a localização da sutura entre a extremidade distal da pré-maxila (*os incisivum*) esquerda e o frontal são semelhanças observadas entre as duas espécies (Fig.7). Entretanto, as diferenças são mais evidentes entre as espécies de *Stenella* do que entre *S. frontalis* e *T. truncatus*. Em vista dorsal e ventral, *S. coeruleoalba* possui a parte posterior do neurocrânio achatada anteroposteriormente, além da base da maxila e crânio mais largos. Em vista lateral, em *S. coeruleoalba* o processo pré-ocipital é formado por um lacrimal longo e delgado; o esquamosal (*os temprale / pars squamosa*) possui menor extensão de sutura com exocipital (*os exoccipitalis*) e a fossa temporal é menor (Fig. 7).

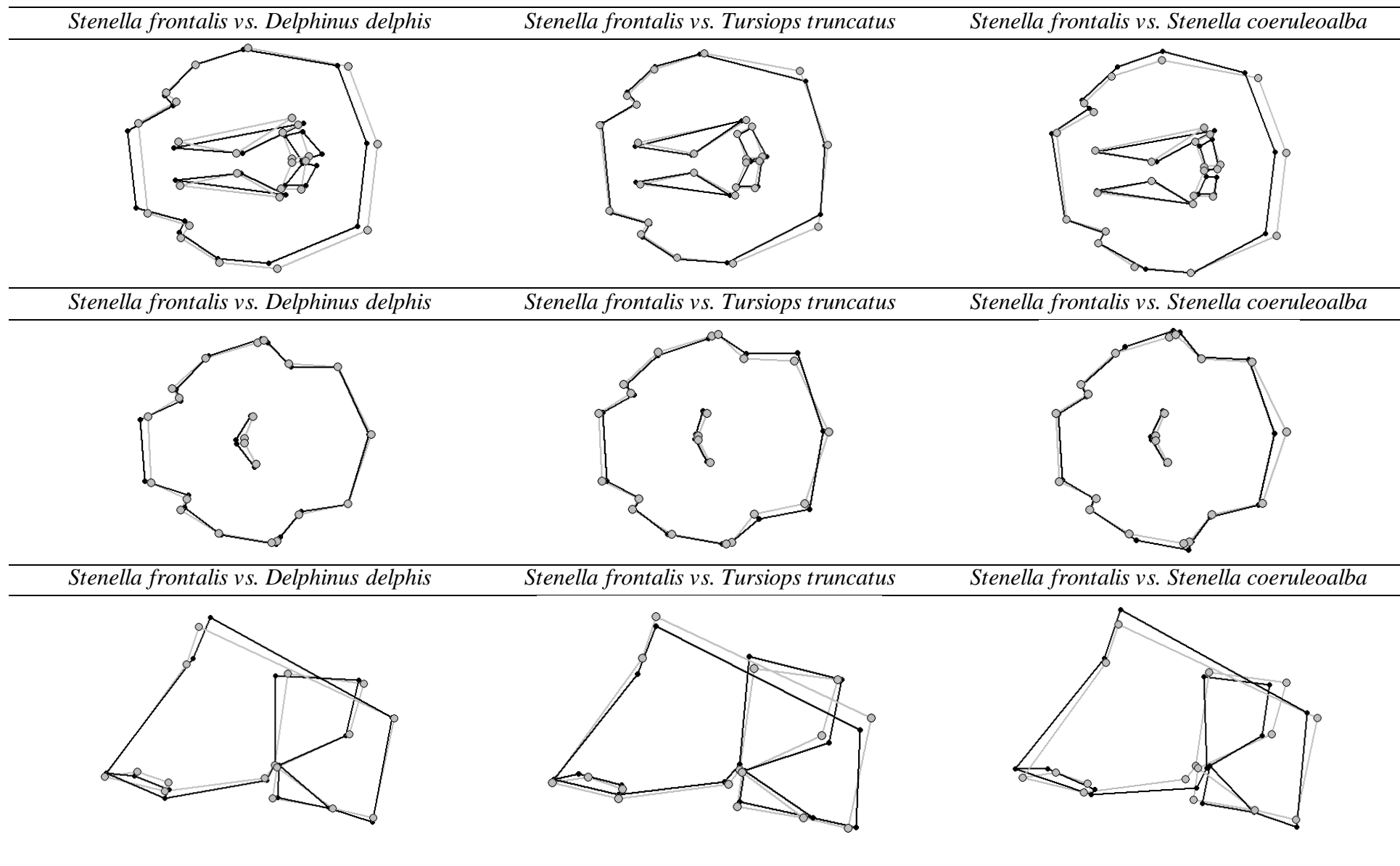


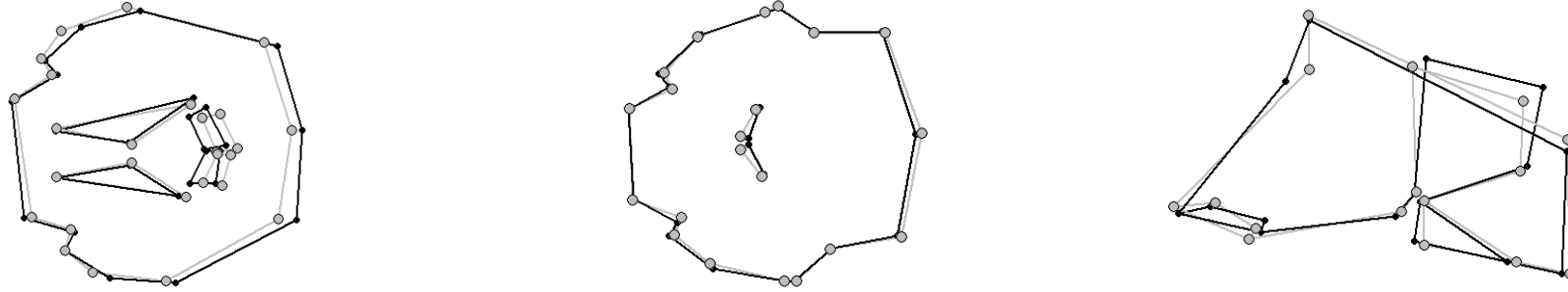
Fig. 7 – Comparação entre a forma consenso do crânio de *Stenella frontalis*: em vista dorsal com a forma consenso de *Delphinus delphis*, *Tursiops truncatus* e *Tursiops geophysicus* (primeira linha); em vista ventral com a forma consenso de *Delphinus delphis*, *Tursiops truncatus* e *Stenella coeruleoalba* (segunda linha); em vista lateral entre a forma consenso de *Delphinus delphis*, *Stenella coeruleoalba* e *Lagenodelphis hosei* (terceira linha). Espécie 1 vs Espécie 2; Linha cinza = forma consenso da espécie 1; Linha preta = forma consenso da espécie 2.

Tursiops truncatus + *Tursiops gephyreus* + *Steno bredanensis* - As duas espécies de *Tursiops* foram agrupadas no espaço de forma das vistas dorsal e lateral. Em vista dorsal, *T. truncatus* possui uma expansão na região formada pelos marcos anatômicos que representam o ponto mais posterior da fossa temporal e o ponto extremo do supraoccipital (*os supraoccipitalis*) do lado direito (Fig. 8). Lateralmente, a sutura entre a maxila, processo pré-orbital do frontal e processo pré-orbital do lacrimal é deslocada anteriormente em *T. truncatus*, assim como a sutura entre a maxila e o processo pré-orbital do lacrimal. A fossa temporal é maior em *T. truncatus* e, a sutura entre o processo nasal da pré-maxila esquerda e o frontal, em *T. gephyreus* é deslocada posteriormente. Em vista ventral, os pterigoides (*os pterygoideum*) de *T. truncatus*, possuem região hamular mais próximas, formando um “u”, ao passo que, *T. gephyreus* possui pterigoides com região hamular distantes e formando um “v” (Fig. 8). A região formada pelos pares de marcos anatômicos 2-16 (entalhe anterorbital) e 3-15 (ponto mais anterior do processo anterorbital) é mais expandida em *T. truncatus* (Fig. 8). Ao observarmos os crânios de *T. gephyreus*, a mesma região possui uma constrição na base da maxila, que pode ser melhor visualizado na Fig. 10.

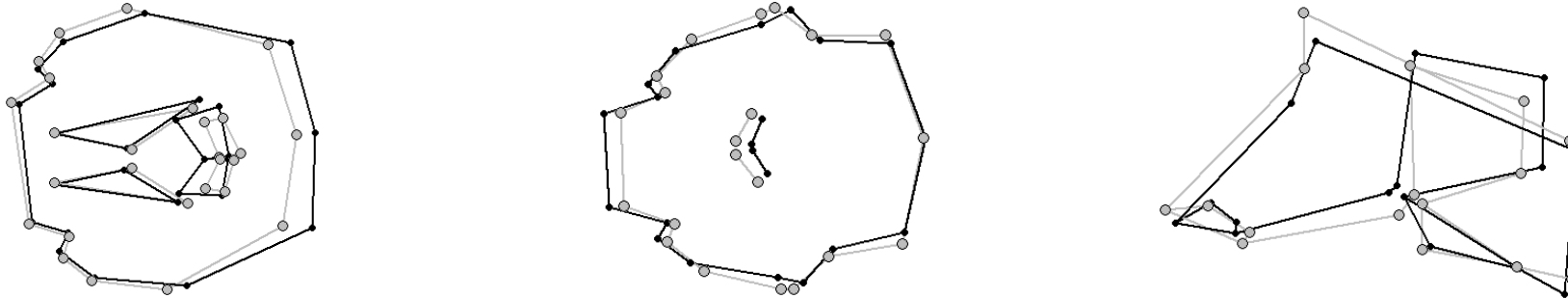
Em relação a *S. bredanensis*, as duas espécies de *Tursiops* possuem o crânio expandido lateralmente, resultado de uma maior distância entre o lado esquerdo e direito na região que compreende o ponto mais anterior do processo anterorbital, processo pré-orbital e pós-orbital do frontal; e nasais (*os nasales*) menores, em vista dorsal (Fig. 8). Ventralmente, a distância entre o ponto mais posterior do processo pré-orbital do lacrimal e a sutura entre o jugal (*os zygomaticum*) e o esquamosal é maior em *S. bredanensis*, quando comparado às espécies de *Tursiops*. O ângulo formado pelos marcos anatômicos 6-7-8 e 12-11-10 em relação ao entalhe intercondilar (*incisura intercondyloideae*), é menos obtuso em *Steno bredanensis* quando comparada à *T. truncatus* e *T. gephyreus*; assim como as distâncias entre os marcos anatômicos 5-6 e 13-12 são maiores em *S. bredanensis* (Fig. 9). O crânio de *S. bredanensis* possui maior distância entre o ponto mais externo do processo pós-orbital do frontal e o ponto mais posterior da crista temporal, em ambos os lado, conferindo uma forma mais retangular da parte posterior do neurocrânio, quando comparada a forma trapezoidal de *Tursiops* (Fig. 10).

Lateralmente, as espécies de *Tursiops*, foram agrupadas no espaço de forma e apresentam maior distância entre o ponto mais anterior do processo pós-orbital do frontal e a sutura entre o processo nasal da pré-maxila e o frontal, resultando em um crânio mais alto dorsoventralmente, quando comparado a *S. bredanensis*. *Steno bredanensis* ao ser comparada com as espécies de *Tursiops* possui lacrimal com menor distância entre a sutura maxila-processo pré + orbital do lacrimal e sutura processo pré-orbital do frontal + processo pré-orbital do lacrimal, resultando em uma estrutura robusta; a fossa temporal ocupa maior proporção do neurocrânio; o esquamosal é alongado, com maior distância entre ponto mais posterior do processo zigomático do esquamosal (*processus zygomaticus*) e o ponto mais ventral da sutura entre o processo posglenóide do esquamosal e o exociptal; e o processo pós-orbital é delgado, com uma menor distância entre o ponto mais anterior e o mais posterior do processo pós-orbital do frontal (Fig. 9). A distância entre o ponto mais ventral do processo pré-orbital do lacrimal e o ponto mais anterior do processo pós-orbital do frontal é maior em *S. bredanensis*, quando comparado as outras espécies, o que resulta em um espaço orbital maior (Fig. 11). Em vista lateral é possível observar um caráter qualitativo em *S. bredanensis*: a expansão posterior do processo pré-orbital do lacrimal. A estrutura é expandida, alongando a sutura entre processo pré-orbital do frontal + maxila + processo pré-orbital do lacrimal, assumindo uma sutura em forma de “T” (Fig. 12).

Tursiops gephyreus vs. *Tursiops truncatus*



Tursiops gephyreus vs. *Steno bredanensis*



Tursiops truncatus vs. *Steno bredanensis*

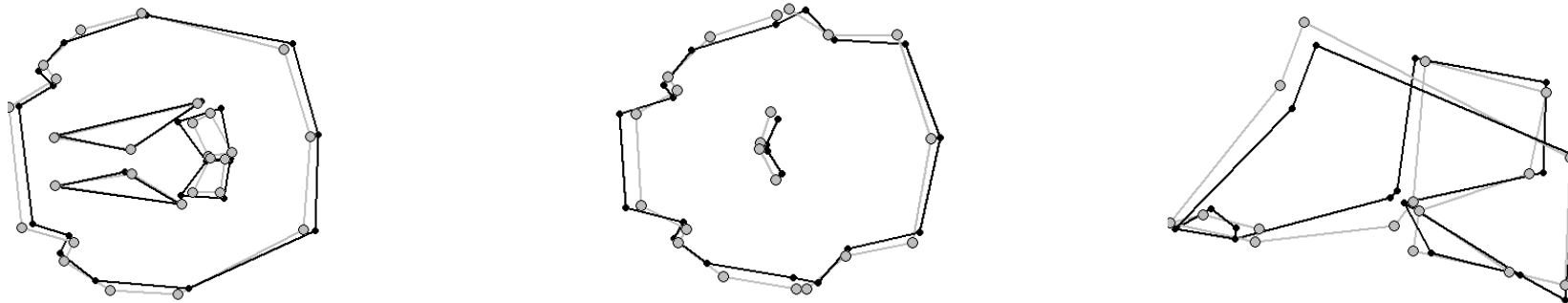


Fig. 8 – Comparação entre as formas consenso do crânio de *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *Tursiops gephyreus* na vista dorsal (primeira coluna), ventral (coluna central) e lateral (última coluna). Espécie 1 vs Espécie 2; Linha cinza = forma consenso da espécie 1; Linha preta = forma consenso da espécie 2.

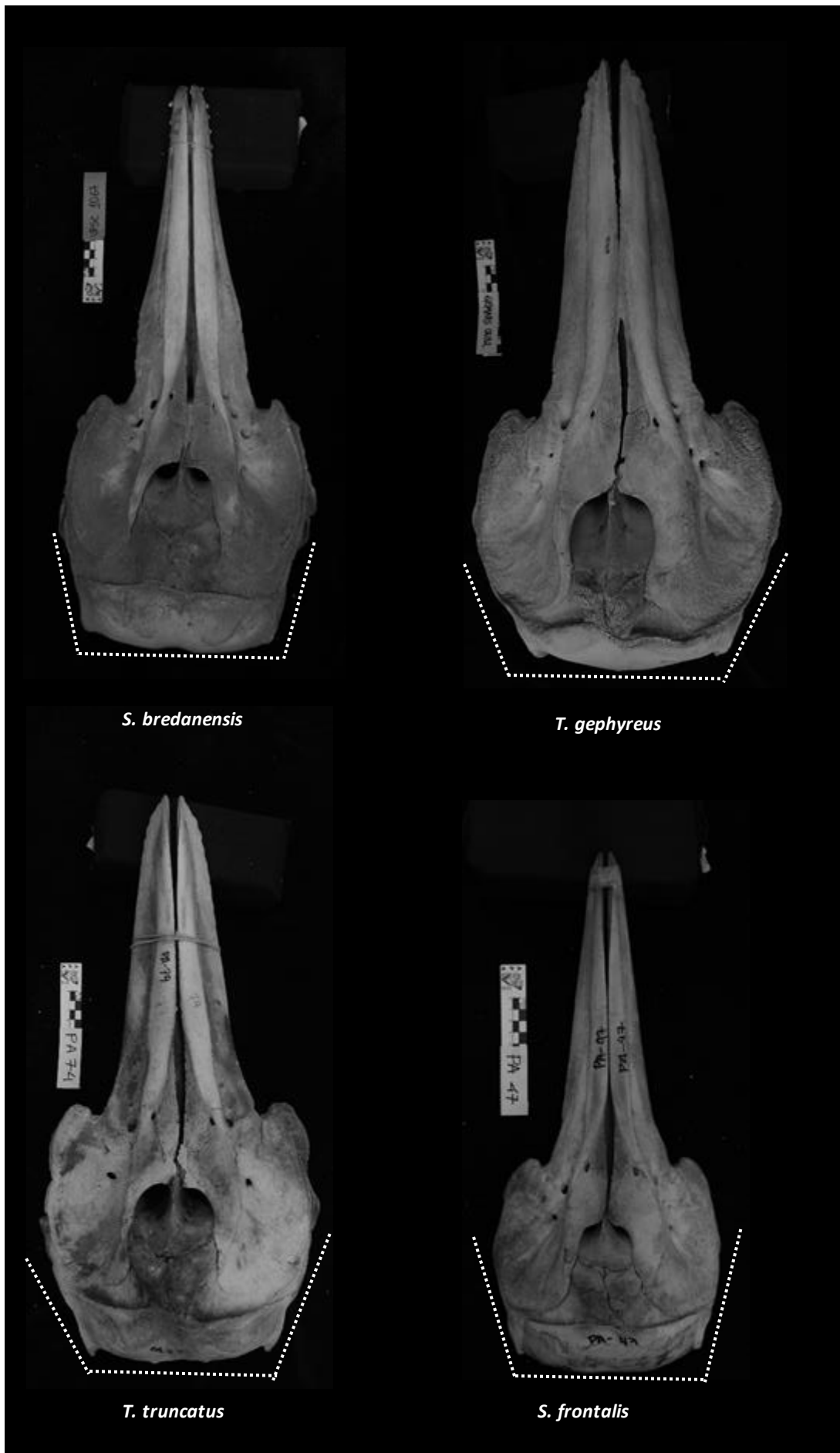


Fig. 9 – Fotos dos crânios de *Steno bredanensis*, *Tursiops gephyreus*, *Tursiops truncatus* e *Stenella frontalis* em vista dorsal.

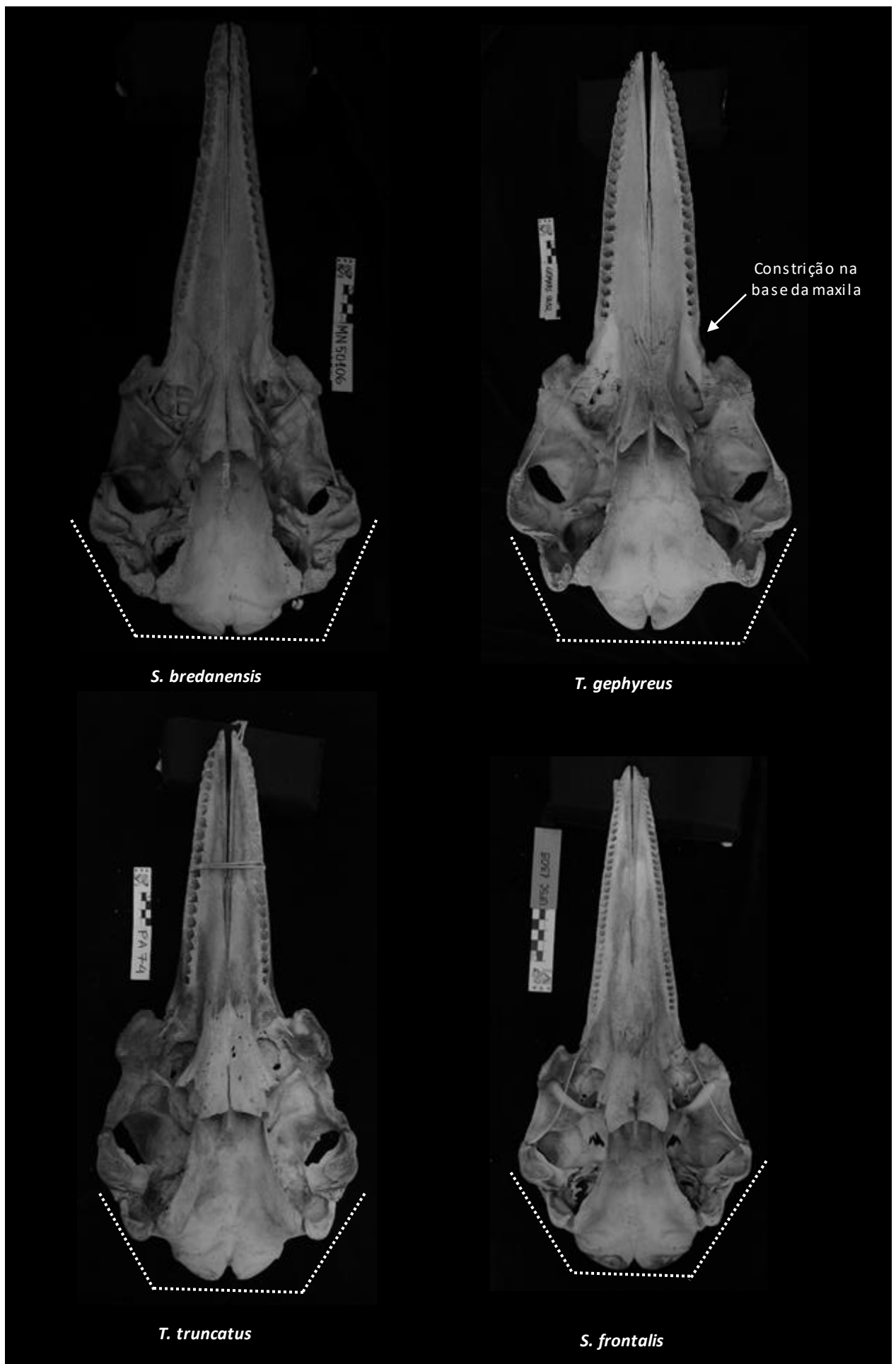


Fig. 10 - Fotos dos crânios de *Steno bredanensis*, *Tursiops gephyreus*, *Tursiops truncatus* e *Stenella frontalis* em vista ventral. 30

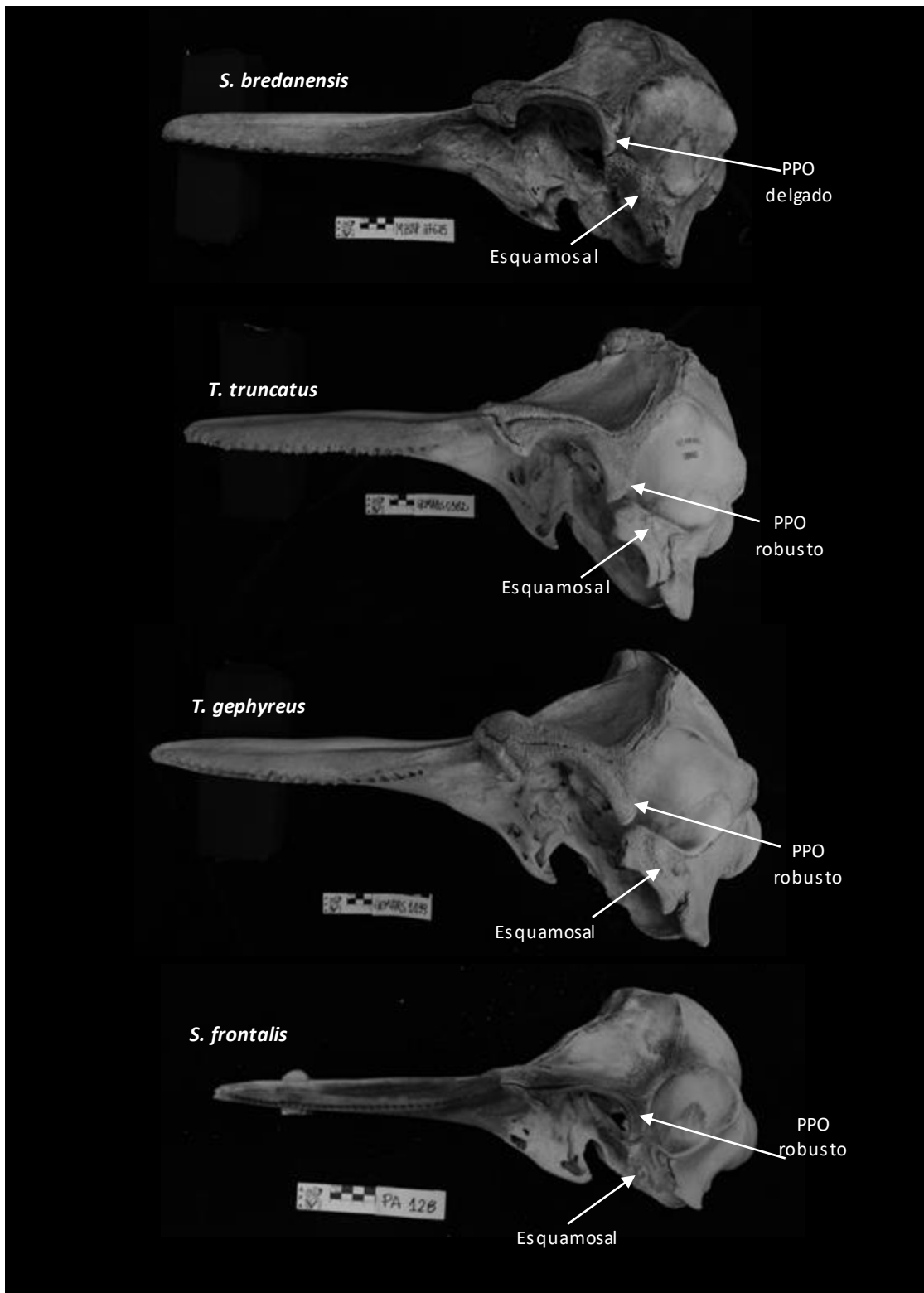


Fig. 11 – Fotos dos crânios de *Steno bredanensis*, *Turiops truncatus*, *Tursiops gephyreus* e *Stenella frontalis*, em vista lateral. PPO = Processo pós-orbital.

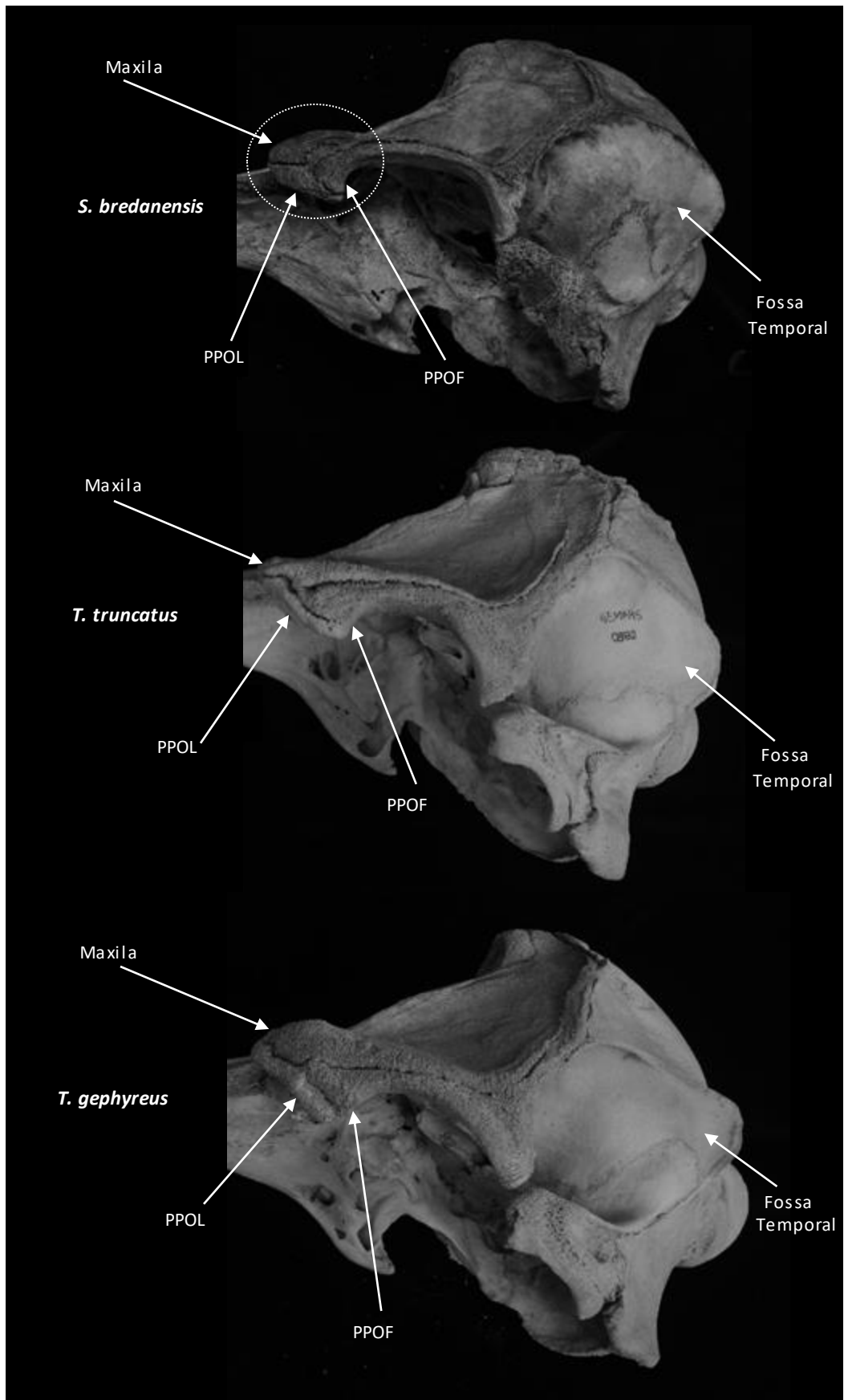


Fig. 12 – Detalhe da região do processo pré-orbital nos crânios de *Tursiops truncatus*, *Tursiops gephyreus*, *Steno bredanensis*, em vista lateral. PPOL = Processo pré-orbital do lacrimal; PPOF = Processo pré-orbital do frontal. Círculo pontilhado: sutura em forma de “T”.

Sotalia gruianensis + *Sotalia fluviatilis* - Os espécimes de *Sotalia* formaram um grupo coeso no espaço de forma em todas as vistas (Fig. 13). Em vista dorsal, o crânio é alongado, possuindo uma forma retangular, semelhante a *S. bredanensis*. Na vista lateral, as espécies de *Sotalia*, assim como *S. bredanensis*, possuem pós-orbital delgado, esquamosal alongado e processo pré-orbital do lacrimal em forma de “T”. Entretanto, nas espécies de *Sotalia*, a região orbital ocupa menor proporção craniana que a fossa temporal (Fig. 14).

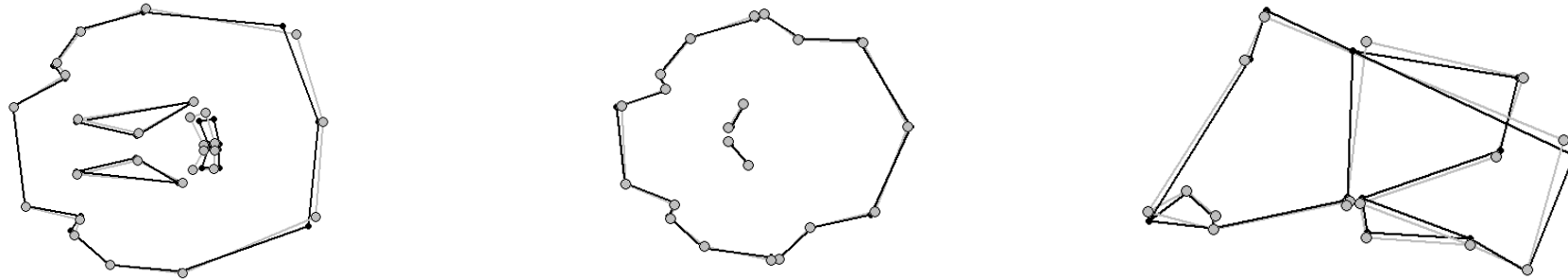


Fig. 13 – Comparação entre as formas consenso do crânio de *Sotalia guianensis* e *Sotalia fluviatilis* na vista dorsal (primeira coluna), ventral (coluna central) e lateral (última coluna). Espécie 1 vs Espécie 2; Linha cinza = forma consenso da espécie 1; Linha preta = forma consenso da espécie 2.

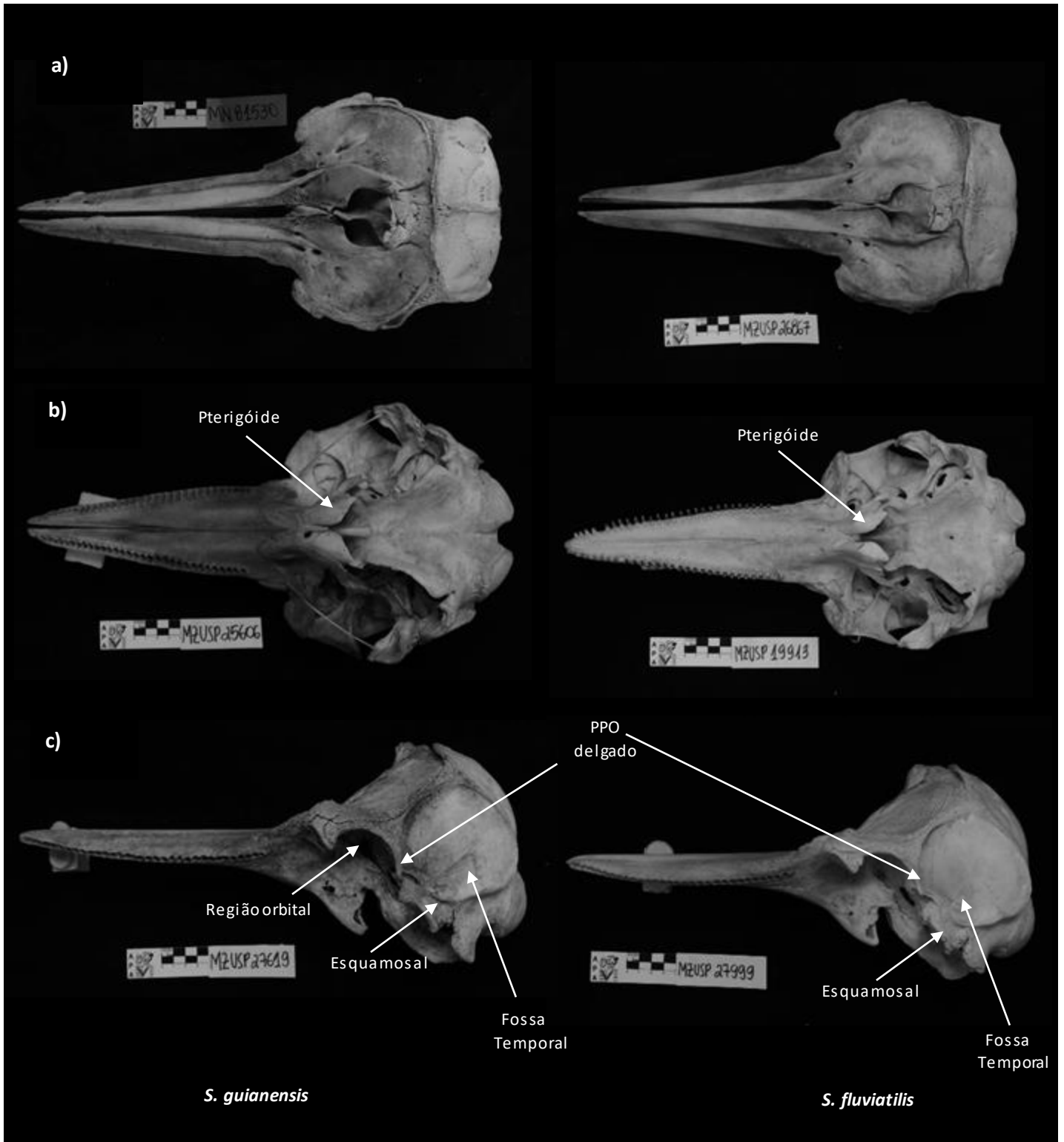


Fig. 14- Fotos de crânios de *Sotalia guianensis* e *Sotalia fluviatilis* em vista dorsal (a), ventral (b) e lateral (c). PPO = Processo pós-orbital.

Discussão

O presente estudo comparou a morfologia do crânio de nove espécies de golfinhos. Os resultados mostram uma clara separação das espécies de *Sotalia* em relação aos outros táxons, em todas as vistas, e uma semelhança na forma do crânio de *Tursiops truncatus* e *Stenella frontalis*. As duas espécies de *Stenella* não formaram um grupo coeso; e, inclusive, *S. coeruleoalba* apresentou um padrão de forma mais semelhante a *Lagenodelphis hosei*, do que a *S. frontalis*. A variação da forma na região occipital do crânio na vista dorsal e ventral e diferenças na forma do processo pós-orbital e lacrimal foram importantes direcionadores para distinguir os grupos no espaço de forma por meio da análise de covariância.

Diferentes características fisiográficas, como profundidade e temperatura superficial dos oceanos, são considerados preditores da distribuição dos cetáceos, principalmente por influenciar a distribuição de suas presas (Baumgrtner et al. 2001). Segundo Mannocci et al. (2015), a presença de Delphininae em águas tropicais está relacionada a presença de grupos de fitoplâncton, que caracterizam a produção primária do ambiente. Cadeias alimentares que têm como base grupos de fitoplâncton (e.g. diatomáceas), tendem a suportar abundâncias elevadas de peixes, o que suportaria grandes predadores, como Delphininae (Parsons e Lalli, 2002; Mannocci et al. 2015). Portanto, os fatores hidrográficos, responsáveis pela agregação de presas, podem ser considerados como delimitadores da distribuição dos mamíferos marinhos (Forcada 2008). Presas demersais ou bentônicas seriam limitadas pelo gradiente de profundidade e o tipo de substrato. Presas pelágicas, como peixes pelágicos e cefalópodes, seriam afetadas pela topografia e fenômenos de ressurgência, que elevam a produção primária e, conseqüentemente, a produção secundária (Cañadas et al. 2002; Forcada 2008).

Em mamíferos marinhos, um dos primeiros direcionadores da variação morfológica é adaptação à alimentação (Heyning and Mead 1996; Werth 2000). Os táxons avaliados possuem uma frequência maior de predação sobre determinadas presas e locais de alimentação (e.g. diferentes profundidades) e, para algumas espécies, é observado um padrão semelhante. Quando o recurso é abundante, diferentes

espécies com sobreposição de dieta podem ser encontradas em um mesmo hábitat. Porém, quando o recurso não suporta a sobreposição de dieta, as espécies tendem a predar sobre diferentes presas ou em diferentes estratos (Gowans and Whitehead 1995; Bearzi 2005). Segundo Perrin (1984), competições diretas pelo recurso alimentar podem ser minimizadas por meio de especializações dos hábitos alimentares, que irão refletir em diferenças morfológicas. Por exemplo, o particionamento do nicho pode ocorrer por uma diferença na dieta (tipo ou tamanho da presa), com adaptações para alimentação, tais como a forma e tamanho do rostro e o número de dentes (Rice 1998; Bearzi 2005); no uso do habitat (predadores de superfície vs. de profundidade; costeiros vs. oceânicos); ou adaptações para ecolocalizar em diferentes ambientes (Bearzi 2005; Barroso et al. 2012).

No presente estudo, padrões de forma do crânio podem ser relacionados às adaptações para consumir diferentes recursos alimentares em diferentes ambientes. *Stenella coerulealba* e *L. hosei* estiveram próximos no espaço de forma de todas as vistas. *Stenella coeruleoalba* e *L. hosei* possuem a região occipital com formato circular e base do rostro alargada. Ambas as espécies possuem uma ampla distribuição geográfica e consomem itens alimentares semelhantes: peixes e cefalópodes mesopelágicos em migração vertical (Dolar et al. 2003). As espécies apresentam semelhança em relação ao padrão de achatamento da região occipital no sentido rostro-caudal e expansão lateral do neurocrânio. A expansão lateral é observada principalmente na região maxilar. A crista maxilar, localizada na parte lateral da superfície dorsal da parte supraorbital da maxila, é o local de origem do músculo maxilonasolabial (*musculus maxilonasolabialis*), que se ramifica dorsomedialmente em direção a passagem nasal em cinco camadas musculares em forma de leque (Huggenberger et al. 2009). As ramificações musculares têm inserção nos órgãos associados à ecolocalização, como os sacos de ar e melão (Huggenberger et al. 2009). Os sacos de ar e melão possuem importante função na formação do feixe sonoro que será transmitido para o ambiente. Os sacos de ar funcionam como refletores acústicos e irão concentrar e refletir o som produzido pelo complexo epicraneal (Mead 1975, Cranford et al. 1996, Au 2008). O melão irá focar a energia sonora gerada no complexo epicraneal e refletida pelos sacos de ar, diminuído

a impedância acústica na interface animal-ambiente (Harper et al. 2008; McKenna et al. 2012). Sendo assim, a expansão lateral sugere uma maior área de origem muscular. Uma vez que a funcionalidade desses músculos está associada a parte posterior do complexo epicraneal, complexo correlacionado à ecolocalização (Mead 1975; Huggenberger et al. 2009), uma maior capacidade de modificar a forma dos sacos de ar e melão através da contração muscular, pode ser importante ao predar em diferentes estratos de profundidade. *Delphinus delphis* aparece próximo a *S. coeruleoalba* e *L. hosei* na vista dorsal e lateral; entretanto, em vista ventral, forma um grupo exclusivo. *Delphinus delphis* apresenta o crânio, como um todo, menor, ao ser comparado com as duas espécies. Em vista lateral, *D. delphis*, *S. coeruleoalba*, *S. frontalis* e *L. hosei*, compartilham um padrão de fossa temporal pequena, em relação a forma consenso. A fossa temporal é formada, principalmente, pelos ossos esqueléticos e parietal (*os parietale*), e é a região de origem do músculo temporal (*musculus temporalis*). Possui um formato subcircular em vista lateral, sendo limitada anteriormente pelo arco temporal, formado pelos processos zigomático, que nos Delphinidae tem formato triangular, e o processo pós-orbital (Mead and Fordyce 2009). Diferentemente de outros mamíferos, os odontocetos possuem apenas o movimento dorso-ventral da mandíbula e os músculos responsáveis pela mastigação (temporal, masseter – *musculus masseter* - e pterigoide – *musculus pterygoideus*) são relativamente menores, quando comparado a um mamífero terrestre (e.g. cão). Essa redução reflete uma menor força na mordida, entretanto, confere uma maior velocidade, o que se mostra vantajoso para um animal piscívoro, que necessita agarrar, segurar e engolir o alimento inteiro (Marshall 2008). O tamanho da fossa pós-temporal pode ser utilizado para inferir o volume do músculo temporal, que possui como principal função o fechamento da mandíbula (Marshall 2008). Entretanto, é preciso avaliar a distância de inserção muscular, que ocorre na parte posterior da mandíbula, até a extremidade distal da mesma, uma vez que uma maior distância sugere um fechamento mais rápido, porém com menor força (Marshall 2008). Portanto, levando-se em consideração o tamanho da fossa temporal, podemos inferir que a variação encontrada sugere adaptações quanto a captura das presas de tamanhos diferentes e com maior ou menor agilidade. Sendo assim, a fossa temporal pequena,

pode sugerir uma menor área de inserção para o músculo temporal; e, conseqüentemente, uma menor força de apreensão de presas. O rosto de *D. delphis* é alongado, sugerindo uma mordida rápida, o que pode ser uma adaptação a predação de lulas e pequenos peixes na coluna da água, organismos com movimentos rápidos (Siciliano et al. 2006).

Na vista dorsal, as semelhanças entre as espécies de *Tursiops* são observadas no crânio em forma trapezoidal. Na vista ventral, as espécies de *Tursiops* aparecem separadas no espaço de forma, o que pode ser relacionado ao padrão estreito da base da maxila e posição dos pterigóides. Na base da maxila, é observada uma constrição saliente nos espécimes de *T. gephyreus*, local de origem do complexo de músculos rostrais (Mead 1975; Mead and Fordyce 2009). Segundo Harper et al. (2008), as três porções do músculo rostral atuam no corpo principal do melão, alterando a sua altura e largura; e, com isso, influenciando a direção do feixe de ecolocalização. *Tursiops gephyreus* possui uma forte associação à ambientes estuarinos, possuindo populações residentes nos estuários de Imbé/Tramandaí e Lagoa dos Patos, no Rio Grande do Sul, e Laguna, em Santa Catarina (Wickert et al. 2016). O padrão de forma observado poderia sugerir adaptações para predação em ambientes próximo a costa. Em ambientes costeiros, principalmente próximos a estuários, a visibilidade é baixa devido ao maior aporte de matéria orgânica e material particulado em geral (Kaiser et al. 2011). Entretanto, essa hipótese deve ser testada, incluindo-se novas variáveis, como por exemplo, a forma do processo nasal da pré-maxila. O processo nasal da pré-maxila está localizado na porção posterodorsal pré-maxilar, região essa revestida, em parte, por extensões do epitélio nasal, que recobrem o saco pré-maxilar e o vestíbulo inferior. Essas estruturas estão ligadas a ecolocalização; portanto, variações em sua forma podem influenciar a forma dos sacos-pré-maxilares (Mead 1975; Mead and Fordyce 2009). Na vista lateral, *S. bredanensis* e as espécies de *Tursiops* apresentaram uma fossa temporal grande em relação aos outros táxons. *Tursiops truncatus*, *T. gephyreus* e *S. bredanensis* são considerados predadores de apreensão, capturando as suas presas com uma mordida, antes de ingerir (Barroso et al. 2012) e predam, principalmente, peixes e cefalópodes (Siciliano et al. 2006). *Steno bredanensis* apresentou uma fossa temporal maior, em comparação às

espécies de *Turisiops*. Em relação a dieta de *S. bredanensis*, existe pouca informação (Jefferson 2008), mas *Trichiurus lepturus* (peixe-espada), peixe teleósteo de corpo alongado e cauda pontiaguda, que chega a atingir 3,5 metros de comprimento, parece ser um importante item alimentar (Siciliano et al. 2006). Diferentemente do que foi observado para *S. coeruleoalba*, *L. hosei* e *D. delphis*, uma fossa temporal maior, sugere maior área de origem do músculo temporal, sugerindo uma mordida forte, com alto poder de apreensão.

As espécies de *Sotalia* estiveram sempre agrupadas no espaço de forma de cada vista. Segundo Monteiro-Filho et al. (2002), a diferença na forma do crânio das espécies de *Sotalia* é grande e estaria refletindo uma diferença funcional entre as espécies. *Sotalia fluviatilis*, que se distribui em tributários dos rios Amazonas e Solimões, tem necessidade de escanear o leito de rios que possuem troncos e raízes, que podem dificultar a natação e, a não percepção dos mesmos podem vir a causar o seu encalhe; e *S. guianensis*, com distribuição em águas costeiras, que mergulha até o fundo do oceano para capturar suas presas. No espaço de forma de todas as vistas, as distâncias entre as espécies de *Sotalia* são menores do que as distâncias das mesmas às outras espécies de Delphinidae. Portanto, apesar de possuírem requerimentos ecológicos, distribuição e padrões de forma diferenciados (Monteiro-Filho et al. 2002; Cunha et al. 2005; Caballero et al. 2007), ao serem comparadas com espécies de diferentes gêneros, as diferenças na forma entre *Sotalia* são menores que as diferenças em relação às outras espécies analisadas.

O oposto é observado para as espécies de *Stenella*. As duas espécies do gênero, que foram avaliadas, estiveram distantes entre si no espaço de forma. Foi observado que *S. coeruleoalba* é mais semelhante, morfologicamente, a *L. hosei* do que a sua congênera; e *S. frontalis* esteve agrupada a *T. truncatus* em vista dorsal. *Stenella* possui cinco espécies válidas, mas ainda há bastante conflito entre as propostas de relações filogenéticas, assim como a identificação em relação a caracteres morfológicos diagnósticos (Perrin 1987). *Stenella coeruleoalba* e *S. frontalis* apresentaram padrões de forma diferentes no presente estudo, que podem ser associados aos diferentes tipos de ambientes e alimentação. *Stenella coeruleoalba* possui distribuição ampla, em águas oceânicas e está frequentemente associada a

zonas de convergência e ressurgência (Ballance et al. 2006). A espécie se alimenta de lulas e uma variedade de peixes pelágicos e demersais, podendo mergulhar 200 a 700 metros em busca de uma presa em potencial (Archer 2008). Diferentemente, *S. frontalis* habita águas rasas e tropicais do Oceano Atlântico, se alimenta de uma grande variedade de presas epipelágicas e mesopelágicas (Perrin 2008d) e possui distribuição descontínua ao longo da costa oeste da América do Sul, existindo um intervalo entre 6°S e 20°S, onde não há o registro dessa espécie (Moreno et al. 2005). *Stenella coeruleoalba* possui o crânio expandido lateralmente em relação a *S. frontalis*, a região occipital é comprimida no sentido anterior-posterior. *Stenella coeruleoalba* possui maior área de origem dos músculos maxilares, que atuam alterando a forma dos sacos de ar e melão, estruturas envolvidas na ecolocalização (Mead 1975; Huggenberger et al. 2009). Além disso, *S. coeruleoalba*, quando comparada a outras espécies do gênero (e.g., *Stenella attenuata* e *S. longirostris*), possui saco de ar acessório mais longo, sacos de ar vestibulares direito e esquerdo de igual tamanho (nas outras espécies o saco de ar vestibular esquerdo é maior que o direito) e musculatura associada ao saco de ar nasofrontal maior (Mead 1975). Sendo assim, ao se comparar as duas espécies de *Stenella*, observa-se que, *S. coeruleoalba* se alimenta de peixes em migração vertical e lulas, preferencialmente à noite, havendo a necessidade de ecolocalizar em diferentes profundidades; ao contrário, *S. frontalis* habita águas rasas (Siciliano et al. 2006).

Análises filogenéticas moleculares não são resolutivas em relação à parafilía dentro do gênero *Stenella* (LeDuc et al. 1999, McGowen et al. 2009, McGowen 2011, Amaral et al. 2012). No presente estudo, só foi possível avaliar espécimes de *S. frontalis* e *S. coeruleoalba* e, esta última, esteve sempre associada a *L. hosei*, independente do espaço de forma, corroborando o que foi observado por Jedensjö et al. (2017). Nas análises filogenéticas moleculares, *S. coeruleoalba* e *L. hosei* não estão proximamente relacionadas. A análise de LeDuc (1999), baseada em citocromo b, é a que possui a maior diversidade de táxons terminais e não recuperou *S. coeruleoalba* e *L. hosei* como táxons irmãos, mas sim como táxons distantes filogeneticamente. Em McGowen (2011), *L. hosei* forma um grupo irmão ao agrupamento entre *Tursiops+Delphinus+Stenella* (a exceção de *S. attenuata*) e em McGowen et al.

(2009), *L. hosei* está mais próxima a *S. longirostris* e *S. attenuata* do que de *S. coeruleoalba*. Como evidenciado na literatura supracitada, as duas espécies estão distantes filogeneticamente; e, as semelhanças morfológicas observadas podem ser resultado de pressões evolutivas semelhantes, inerentes ao habitat e hábitos alimentares, conferindo uma convergência no padrão de forma.

Entretanto, uma vez que análises morfológicas baseadas em morfometria geométrica não estão avaliando a ancestralidade comum do gênero, e sim quantificando semelhanças e diferenças na forma, seria errôneo, qualquer conclusão no que concerne às relações filogenéticas com os resultados aqui apresentados. As espécies avaliadas mostraram padrões de forma no crânio que podem ser indicações da ação de diferentes forças evolutivas que podem estar agindo de acordo com as características do habitat e da estrutura social de cada espécie. O estudo da morfologia de um organismo e a sua variação em relação a outras espécie é importante para o entendimento da evolução e interação entre fenótipo, genótipo e o ambiente (Amaral et al. 2009). Em um grupo em que o acesso aos espécimes *in vivo*, em seu ambiente, é difícil, o uso da morfometria geométrica para estudos da variação da forma traz contribuições importantes. A investigação da morfologia através de estruturas ósseas informativas, como crânio e mandíbulas, contribui para auxiliar no entendimento de questões relacionadas a evolução e adaptação desse grupo de golfinhos recentemente irradiado. Sendo assim, esforços devem ser feitos a fim de investigar as adaptabilidades da variação de forma encontrada. A análise do ramo mandibular é importante para compreender as adaptações das espécies a alimentação e ecolocalização, uma vez que a estrutura possui dupla funcionalidade. Sugere-se portanto, estudos que visem compreender a variação dessa importante estrutura nas espécies analisadas, assim como análises que investiguem a variação das estruturas presentes no sínocrânio que estão relacionadas a ecolocalização (*e.g.* pré-maxilares e pterigóides). Recomendasse também, atentar ao fato de que o rostro é uma estrutura em que a homologia dos marcos anatômicos é de difícil observação podendo trazer ruído as análises. Como sugestão final, é crucial que estudos cladísticos com caracteres morfológicos sejam feitos a fim de avaliar as relações

filogenéticas dentro do grupo e investigar se os padrões de forma observados não seriam resultado de uma ancestralidade comum e exclusiva.

Literatura Citada

Normas ao Autor do periódico *Journal of Mammalogy*.

Disponível em: https://academic.oup.com/jmammal/pages/General_Instructions

- Adams, D. C. and F. J. Rohlf. 2000. Ecological character displacement in *Plethodon*: Biomechanical differences found from a geometric morphometric study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State*. 97: 4106–4111.
- Amaral, A. R., J. A. Jackson, L. M. Möller and L. B. Beheregaray, M. M. Coelho. 2012. Species tree of a recent radiation: the subfamily Delphininae (Cetacea, Mammalia). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 64:243– 253. doi:10.1016/j.ympev.2012.04.004
- Amaral, A. R., M. M. Coelho, J. Marugán-Lobón and F. J. Rohlf. 2009. Cranial shape differentiation in three closely related delphinid cetacean species: Insights into evolutionary history. *Zoology* 112:38–47
- Amaral, K. B., A. R. Amaral, R. E. Fordyce and I. B. Moreno. 2016. Historical Biogeography of Delphininae Dolphins and Related Taxa (Artiodactyla: Delphinidae). *Journal of Mammalian Evolution* 1-19. doi 10.1007/s10914-016-9376-3
- Archer, F. I. 2008. Striped Dolphin *Stenella coeruleoalba*. Pp 1127-1128 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego
- Au, W. L. 2008. Echolocation. Pp 348-357 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- Balance, L. T., R. L. Pitman and p. C. Fiedler. 2006. Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69:360–390.
- Banguera-Hinestroza, E, A. Hayano, E. Crespo and A. R. Hoelzel. 2014. Delphinid systematics and biogeography with a focus on the current genus *Lagenorhynchus*: multiple pathways for antitropical and trans-oceanic radiation.). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 80:217–230. doi:10.1016/j.ympev.2014.08.005
- Barnes, L.G. 2002. Cetacea, Overview. Pages 2042-208 in *Encyclopedia of Marine Mammals* 1st ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, Sand Diego.
- Barroso, C., T. W. Cranford and A. Berta. 2012. Shape Analysis of Odontocete Mandibles: Functional and Evolutionary Implications. *Journal of Morphology* 273:1021-1031. doi:10.1002/jmor.20040
- Baumgartner, M. F., K. D. Mullin, L. N. May and T. D. Leming. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin* 99:219-239
- Bearzi, M. 2005. Dolphin sympatric ecology. *Marine Biology Research* 1:165-175.
- Buchholtz, E. A. and S. A. Schur 2004. Vertebral osteology in Delphininae (Cetacea). *Zoological Journal of the Linnean Society* 140:383-401.

- Caballero et. al. 2007. Taxonomic status of the genus *Sotalia*: species level ranking for “tucuxi” (*Sotalia fluviatilis*) and “costero” (*Sotalia guianensis*) dolphins. *Marine Mammal Science*, 23:358–386.
- Caballero, S., et al. 2008. Molecular systematics of South American dolphins *Sotalia*: sister taxa determination and phylogenetic relationships, with insights into a multi-locus phylogeny of the Delphinidae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46:252–268. doi:10.1016/j.ympev.2007.10.015
- Cañadas, A., R. Sagarminaga, and S. García-Tiscar. 2002. Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. *Deep-Sea Research I* 49:2053–2073.
- Charlton-Robb, K., L. Gershwin, R. Thompson, J. Austin, K. Owen and S. McKechnie. 2011. A New Dolphin Species, the Burrunan Dolphin *Tursiops australis* sp. nov., Endemic to Southern Australian Coastal Waters. *PlosOne* 6:1-17.
- Committee on Taxonomy. 2016. List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy, www.marinemammalscience.org. Accessed 12 March 2017.
- Cranford, T. W., M. Amundin and K. S. Norris. 1996. Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation. *Journal of Morphology* 228:223-285.
- Cunha et al. 2005. Riverine and marine ecotypes of *Sotalia* dolphins are different species. *Marine Biology* 148: 449–457.
- del Castillo, D. L., D. A. Flores and H. L. Cappozzo. 2014. Ontogenetic Development and Sexual Dimorphism of Franciscana Dolphin Skull: A 3D Geometric Morphometric Approach. *Journal of Morphology* 275:1366–11375. doi:10.1002/jmor.20309.
- Dolar, M. L. L. 2008. Fraser’s Dolphin *Lagenodelphis hosei*. Pp 469-471 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego
- Dolar, M. L. L., W. A. Walker, G. L. Kooyman and W. F. Perrin. 2003. Comparative feeding ecology of Spinner dolphins (*Stenella longirostris*) and Fraser’s Dolphins (*Lagenodelphis hosei*) in the Sulu Sea. *Marine Mammal Science*, 19:1-19.
- Flores, P. A. and A. Ximenes. 1997. Observations on the rough-toothed dolphin *Steno bredanensis* off Santa Catarina Island, southern Brazilian coast. *Biotemas* 10:71-79.
- Flores, P. A. C. and V. M. F. da Silva. 2008. Tucuxi and Guiana Dolphin *Sotalia fluviatilis* and *S. guianensis*. Pp 1188-1191 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego
- Flower, W. H. 1833. On the characters and divisions of the family Delphinidae. *Proceedings Zoological Society of London*, 466-513
- Forcada, J. 2008. Distribution. Pp 316-320 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego
- Fraser, F. C. and P. E. Purves. 1960. Hearing in cetaceans: evolution of the accessory air sacs and the structure and function of the outer and middle ear in recent cetaceans. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. *Zoology* 7:1–140

- Gowans, S. and H. Whitehead. 1995. Distribution and habitat partitioning by small odontocetes in the Gully, a submarine canyon on the Scotian Shelf. *Canadian Journal of Zoology*, 73:1599-1608. doi: 10.1139/z95-190.
- Griffin, D. R. 1944. Echolocation in blind men, bats and radar. *Science* 100 589-590
- Guidarelli, P. Nicolosi, G. Fusco, M. C. de Francesco and A. Loy. 2014. Morphological variation and modularity in the mandible of three Mediterranean dolphin species. *Italian Journal of Zoology* 81:354-367. doi:10.1080/11250003.2014.943685
- Harper, C. J., W. A. McLellan, S. A. Rommel, D. M. Gay, R. M. Dillaman and D. A. Pabst. 2008. Morphology of the Melon and Its Tendinous Connections to the Facial Muscles in Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal of Morphology* 269:820–839.
- Heyning, J. E and W. F. Perrin. 1994. Evidences for two species of Common Dolphins (Genus *Delphinus*) from the Eastern North Pacific. *Contributions in Science* 442:1-35.
- Heyning, J. E. and J. G. Mead. 1996. Suction Feeding in Beaked Whales: Morphological and Observational Evidence. *Contributions in Science* 464:1-12.
- Huggenberger, S., M. A. Rauschmann, T. J. Vogl and H. H. A. Oelschläger. 2009. Functional Morphology of the nasal complex in the Harbor Porpoise (*Phocoena phocoena* L.). *The Anatomical Record* 292:902-920.
- Jedensjö M., C. M. Kemper and M. Krützen. 2017. Cranial morphology and taxonomic resolution of some dolphin taxa (Delphinidae) in Australian waters, with a focus on the genus *Trusiops*. *Marine Mammal Science* 33:187-205.
- Jefferson, T. A. 2008. Rough-Toothed Dolphin *Steno bredanensis*. Pp 990-992 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego
- Jefferson, T. A. 2014. Scientific correspondence. *Marine Mammal Science* 30:835–837. doi:10.1111/mms.12107
- Jefferson, T. A., D. Fertl, J. Bolaños-Jiménez and A. N. Zerbini. 2009. Distribution of common dolphins (*Delphinus* spp.) in the western Atlantic Ocean: a critical re-examination. *Marine Biology* 156:1109–1124.
- Kaiser, M. J. et al. 2011, *Marine Ecology: processes, systems and impacts*. Oxford University Press.
- Kasuya, T. 1973. Systematic consideration of recent toothed whales based on the morphology of tympano-otic bone. *The Scientific Reports of the Whale Research Institute* 25:1-103.
- Kingston, S. E., L. D. Adams and P. E. Rosel. 2009. Testing mitochondrial sequences and anonymous nuclear markers for phylogeny reconstruction in a rapidly radiating group: molecular systematics of the Delphininae (Cetacea: Odontoceti: Delphinidae). *BMC Evolutionary Biology* 9:1-19. doi: 10.1186/1471-2148-9-245
- Klingenberg 2011 C. P. Klingenberg. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353-357. doi: 10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x
- Klingenberg, C. P. 2013. Cranial integration and modularity: insights into evolution and development from morphometric data. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*. 24:43–58.

- LeDuc, R. 2008. Delphinids: Overview. Pp 298-302 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- Leduc, R. G., W. F. Perrin and A. E. Dizon. 1999. Phylogentic relationship among the delphinid cetaceans based on full cytochrome *B* sequences. *Marine Mammal Science* 15:619-648.
- Loy, A., A. Tamburelli, R. Carlini and D. Slice Craniometric variation of some Mediterranean and Atlantic populations of *Stenella coeruleoalba* (Mammalia, Delphinidae): A three-dimensional geometric morphometric analysis. *Marine Mammal Science* 27:E65-E78.
- Mannocci, L; P. Monestiez, J. Spitz and V. Ridoux. 2015. Extrapolating cetacean densities beyond surveyed regions: habitat-based predictions in the circumtropical belt *Journal of Biogeography* 42:1267–1280.
- Marshall, C. D. 2008. Feeding Morphology. Pp 406-413 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Wursig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- McGowen, M. R. 2011. Toward the resolution of an explosive radiation—A multilocus phylogeny of oceanic dolphins (Delphinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 60:345-357. doi:10.1016/j.ympev.2011.05.003
- McGowen, M. R., M. Spaulding and Gatesy J. 2009. Divergence date estimation and a comprehensive molecular tree of extant cetaceans. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53:891–906. doi:10.1016/j.ympev.2009.08.018
- McKenna, M. F., T. W. Cranford, A. Berta and N. D. Pyenson. 2012. Morphology of the odontocete melon and its implications for acoustic function. *Marine Mammal Science*, 28:690–713. doi:10.1111/j.1748-7692.2011.00526.x
- Mead, J. G. 1975. Anatomy of the external nasal passages and facial complex in the Delphinidae (Mammalia: Cetacea). *Smithsonian Contributions to Zoology* 207:1-35.
- Mead, J. G., and E. Fordyce. 2009. *The therian skull - a lexicon with emphasis on the odontocetes*. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, D.C.
- Messenger, S. L. and J. A. McGuire. 1998. Morphology, Molecules, and the Phylogenetics of Cetaceans. *Systematic Biology* 47:90-124.
- Miller, G. 1923. The telescoping of the cetacean skull. *Smithsonian Miscellaneous Collection* 75:1-55.
- Monteiro-Filho, E. L., L. R. Monteiro and S. F. Reis. 2002. Skull shape and size divergence in dolphins of the genus *Sotalia*: a tridimensional morphometric analysis. *Journal of Mammalogy* 83(1):125–134.
- Moreno, I. B., A. N. Zerbini, D. Danilewicz, M. C. O. Santos, P. C. Simões-Lopes PC, J. Laílson-Brito and A. F. Azevedo. 2005. Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus *Stenella* (Cetacea: Delphinidae) in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 300:229–240. doi:10.3354/meps300229
- Nowacek, D. P., L. H. Thorne, d. W. Johnston and P. L. Tyack. 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review* 37:81–115.

- Ott, P. H and D. Danilewicz. 1996. Southward range extension of *Steno bredanensis* in the Southwest Atlantic and new records of *Stenella coeruleoalba* for Brazilian Waters. *Aquatic Mammals* 22.3:185–189.
- Parsons, T. R. and C. M. Lalli. 2002. Jellyfish population explosions: revisiting a hypothesis of possible causes. *La mer* 40:111–121.
- Perrin, W. F. 1975. Variation of spotted and spinner porpoise (Genus *Stenella*) in the eastern Pacific and Hawaii. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego* 21:1–211.
- Perrin, W. F. 1984. Patterns of geographical variation in small cetaceans. *Acta Zoologica Fennica* 172:137–140.
- Perrin, W. F. 2008a. Common Dolphins *Delphinus delphis* and *D. capensis*. Pp 255-269 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Würsig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- Perrin, W. F. 2008b. Spinner Dolphin *Stenella longirostris*. Pp 1100-1102 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Würsig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- Perrin, W. F. 2008c. Pantropical Spotted Dolphin *Stenella attenuata*. Pp 819-820 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Würsig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- Perrin, W. F. 2008d. Atlantic Spotted Dolphin *Stenella frontalis*. Pp 54-56 in *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. (W. F. Perrin, B. Würsig e J. G. M. Thewissen, eds). Academic Press, San Diego.
- Perrin, W. F., D. Caldwell and M. Caldwell. 1994. Atlantic spotted dolphin *Stenella frontalis* (G. Cuvier, 1829). Pp. 173-190 in *Handbook of Marine Mammals. Volume 5. The First Book of Dolphins* (Ridgway SH, Harrison R., eds) Academic Press, London.
- Perrin, W. F., E. D. Mitchell, J. G. Mead, D. K. Caldwell, M. C. Caldwell, P. J. H. van Bree and W. H. Dawbin. 1987. Revision of the Spotted Dolphins, *Stenella* spp. *Marine Mammal Science* 3:99-170. doi: 10.1111/j.1748-7692.1987.tb00158.x
- Perrin, W. F., P. E. Rosel and F. Cipriano. 2013. How to contend with paraphyly in the taxonomy of the delphinine cetaceans? *Marine Mammal Science* 29:567-785. doi:10.1111/mms.12051
- Rice, D. W. 1998. *Marine mammals of the world - systematics and distribution*. Allen Press, Inc., Lawrence, Kansas
- Richardson, W. J and B. Würsig. 1996. Influences of man-made noise and other human actions on cetacean behaviour. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 29:183-209.
- Rohlf and Slice 1990 - Rohlf, F. J. and Slice, D. 1990. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Syst. Zool.* 39: 40-59.
- Rohlf, F. J. 2015. TpsDig2. Ver. 2.26. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook. Available at <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
- Rolff, F. James and L. F. Marcus. 1993. A Revolution in Morphometrics. *Trends Ecology Evolution* 8:129-132.

- RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- Secchi, E. 2012. *Sotalia fluviatilis*. In: IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. www.iucnredlist.org. Accessed March 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T190871A17583369.en>.
- Siciliano, S., I. B. Moreno, E. D. Silva, and V. C. Alves. 2006. Baleias, botos e golfinhos na Bacia de Campos. ENSP/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Brasil.
- Steeman, M. E. et al. 2009. Radiation of Extant Cetaceans Driven by Restructuring of the Oceans. *Systematic Biology* 58: 573-585. doi: 10.1093/sysbio/syp060.
- Tavares, M., et al. 2010. Biogeography of common dolphins (genus *Delphinus*) in the southwestern Atlantic Ocean. *Mammal Review* 40:40–64.
- True, F. W. 1889. Contributions to the natural history of the cetaceans, a review of the family Delphinidae. *Bulletin of the United States National Museum*, Washington.
- Wang, J., L. S. Chou, and B. N. White. 2000a. Differences in the external morphology of two sympatric species of bottlenose dolphins (Genus *Tursiops*) in the waters of China. *Journal of Mammalogy* 81:1157–1165.
- Wang, J., L. S. Chou, and B. N. White. 2000b. Osteological differences between two sympatric forms of bottlenose dolphins (genus *Tursiops*) in Chinese waters. *Journal of Zoology* 252:147–162
- Wells, R. S., and M. D. Scott. 2009. Common bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*. Pp. 249–255 in *Encyclopedia of marine mammals* (W. F. Perrin, B. Würsig, and J. G. M. Thewissen, eds.). Academic Press, New York.
- Werth, A. 2000. Feeding in Marine Mammals. Pp 487-526 in *Feeding: form, function and evolution in tetrapod vertebrates* (K. Schwenk, ed.). Academic Press, New York.
- Wickert, J. C., S. M. Eye, L. R. Oliveira and I. B. Moreno. 2016. Revalidation of *Tursiops gephyreus* Lahille, 1908 (Cetartiodactyla: Delphinidae) from the southwestern Atlantic Ocean. *Journal of Mammalogy* 97:1728–1737.

Considerações Finais

O objetivo norteador deste trabalho foi a quantificação da forma do crânio de *Delphinus delphis*, *Lagenodelphis hosei*, *Stenella coeruleoalba*, *Stenella frontalis*, *Sotalia fluviatilis*, *Sotalia guianensis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *T. gephyreus*, a fim de identificar padrões de forma que pudessem ser associados a adaptações funcionais.

As espécies não apresentaram dimorfismo sexual e a alometria testada indicou que uma baixa porcentagem da forma é predita pelo tamanho. As espécies de *Sotalia* estiveram separadas dos outros táxons, em todas as vistas. *Tursiops truncatus* e *Stenella frontalis* apresentaram semelhanças na forma do neurocrânio. As duas espécies de *Stenella* não formaram um grupo coeso; e, inclusive, *S. coeruleoalba* apresentou um padrão de forma mais semelhante à *Lagenodelphis hosei*, do que a *S. frontalis*.

A variação da forma na região occipital do crânio na vista dorsal e ventral; diferenças na forma do processo pós-orbital e lacrimal; e variação na fossa temporal foram importantes direcionadores para distinguir os grupos no espaço de forma por meio da análise de covariância. Essas diferenciações nos padrões de forma podem ser relacionados às adaptações para ecolocalizar e consumir diferentes recursos alimentares, podendo ser associadas a diferentes ambientes.

As principais conclusões deste estudo são:

1. As espécies de *Stenella* avaliadas não foram agrupadas no espaço de forma, sendo mais similares a outras espécies.
2. *Tursiops gephyreus* apareceu distante de sua congênera, *T. truncatus*, no espaço de forma da vista ventral. A espécie foi recentemente descrita (Wickert et al. 2016) e mostrou possíveis adaptações ao ambiente estuarino.
3. *Tursiops truncatus* e *Stenella frontalis* apresentaram semelhanças ao comparar a forma consenso do neurocrânio, principalmente em vista dorsal.

4. As espécies de *Sotalia* estiveram sempre associadas, independentemente do espaço de forma, sugerindo que, embora apresentem adaptações a nichos locais (Monteiro-Filho et al. 2002), ao serem comparadas com outros gêneros, as diferenças no padrão de forma entre as duas espécies se tornam menos acentuadas.
5. Foram observadas semelhanças morfológicas em espécies distantes filogeneticamente (McGowen et al. 2009), como *Stenella coeruleoalba* e *Lagenodelphis hosei*, o que sugere que as semelhanças morfológicas observadas podem ser resultado de pressões evolutivas semelhantes, conferindo uma convergência no padrão de forma.
6. Os padrões encontrados podem ser associados a funcionalidades sugerindo adaptações a nichos locais, uma vez que as diferentes espécies possuem diferentes requerimentos ecológicos.

ANEXO I

Informação Suplementar S1 – Espécimes analisados através da morfometria geométrica 2D, acrônimos coleções científicas onde estão depositado, identificação (ID) e sexo. F = fêmea; M = macho; I = indeterminado. GEMARS = Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul; GEMM-Lagos = Grupo de Estudos de Mamíferos, Aves e Répteis Marinhos e Costeiros da Região dos Lagos; IOUSP = Instituto Oceanográfica da Universidade de São Paulo; LAMAQ = Laboratório de Mamíferos Aquáticos; MNRJ = Museu Nacional; MZUSP = Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo; MUHNAC = Museu Nacional de História Natural e da Ciência.

Espécie	Coleção Científica	ID Coleção Científica	Sexo
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR0419	F
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR1183	F
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR0015	I
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR1190	I
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR1214	I
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR1194	M
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR1241	M
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR1424	M
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR0221	M
<i>Delphinus delphis</i>	GEMARS	GEMARR1218	M
<i>Delphinus delphis</i>	GEMM-Lagos	GEMML29	I
<i>Delphinus delphis</i>	GEMM-Lagos	GEMML67	I
<i>Delphinus delphis</i>	GEMM-Lagos	GEMML07	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP118	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP120	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP124	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP130	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP23	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP48	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP87	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP24	M
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP07	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP126	I
<i>Delphinus delphis</i>	IOUSP	IOUSP85	M
<i>Delphinus delphis</i>	LAMAQ	LAMAQ1036	I
<i>Delphinus delphis</i>	LAMAQ	LAMAQ1088	I

Espécie	Coleção Científica	ID Coleção Científica	Sexo
<i>Delphinus delphis</i>	LAMAQ	LAMAQ1250	I
<i>Delphinus delphis</i>	LAMAQ	LAMAQ1330	I
<i>Delphinus delphis</i>	LAMAQ	LAMAQ1365	I
<i>Delphinus delphis</i>	LAMAQ	LAMAQ1014	M
<i>Delphinus delphis</i>	LAMAQ	LAMAQ1418	M
<i>Delphinus delphis</i>	MNRJ	MNRJ50109	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP27624	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP27643	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP25655	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP27642	F
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP18945	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP27586	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP29376	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP18877	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP3799.	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP23799	I
<i>Delphinus delphis</i>	MZUSP	MZUSP27585	I
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL90818	F
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL60130	F
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL90116	I
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL00222	I
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL70140	I
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBLsem dados	I
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL61242	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL50508	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL70610	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL90113	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL90217	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL00244	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL50329	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL60131	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL60132	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL60233	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL01136	M
<i>Delphinus delphis</i>	MUHNAC	MBL90115	M

Espécie	Coleção Científica	ID Coleção Científica	Sexo
<i>Lagenodelphis hosei</i>	GEMARS	GEMARR0487	F
<i>Lagenodelphis hosei</i>	GEMARS	GEMARR0435	M
<i>Lagenodelphis hosei</i>	GEMARS	GEMARR0461	M
<i>Lagenodelphis hosei</i>	GEMARS	GEMARR0465	M
<i>Lagenodelphis hosei</i>	GEMARS	GEMARR0486	M
<i>Lagenodelphis hosei</i>	GEMARS	GEMARR0470	M
<i>Lagenodelphis hosei</i>	GEMM-Lagos	GEMML08	I
<i>Lagenodelphis hosei</i>	MNRJ	MNRJ51648	I
<i>Lagenodelphis hosei</i>	UNISINOS	UNISINOS165	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP18948	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP23802	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP28183	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP28000	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP26867	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP27999	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP18924	F
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP19913	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP18950	I
<i>Sotalia fluviatilis</i>	MZUSP	MZUSP18949	M
<i>Sotalia guianensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML96	F
<i>Sotalia guianensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML39	I
<i>Sotalia guianensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML65	I
<i>Sotalia guianensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML68	I
<i>Sotalia guianensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML108	I
<i>Sotalia guianensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML87	M
<i>Sotalia guianensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML82	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP0	F
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP106	F
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP110	F
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP140	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP26	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP27	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP29	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP44	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP99	I

Espécie	Coleção Científica	ID Coleção Científica	Sexo
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP102	M
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSPU15	F
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP100	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP114	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP117	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP31	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP4	I
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP153	M
<i>Sotalia guianensis</i>	IOUSP	IOUSP19	M
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNR124	F
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ47665	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ49869	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ49872	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ50096	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ50112	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ81530	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ81796	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ47668	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ81519	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ81520	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MNRJ	MNRJ81795	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP27830	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP28182	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP26863	F
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP26871	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP27521	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP25606	F
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP25616	F
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP19541	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP27619	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP26868	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP26859	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP28181	M
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP27652	I
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP25619	F

Espécie	Coleção Científica	ID Coleção Científica	Sexo
<i>Sotalia guianensis</i>	MZUSP	MZUSP23812	I
<i>Stenella coeruleoalba</i>	GEMARS	GEMARR0593	F
<i>Stenella coeruleoalba</i>	GEMARS	GEMARR0104	I
<i>Stenella coeruleoalba</i>	GEMARS	GEMARR0378	I
<i>Stenella coeruleoalba</i>	GEMARS	GEMARS0370	I
<i>Stenella coeruleoalba</i>	GEMARS	GEMARR0047	M
<i>Stenella coeruleoalba</i>	GEMARS	GEMARR0592	M
<i>Stenella coeruleoalba</i>	GEMARS	GEMARR1240	M
<i>Stenella coeruleoalba</i>	LAMAQ	LAMAQ1344	M
<i>Stenella coeruleoalba</i>	MUHNAC	MBL70212	F
<i>Stenella coeruleoalba</i>	MUHNAC	MBL70102	F
<i>Stenella coeruleoalba</i>	MUHNAC	MBL50808	I
<i>Stenella coeruleoalba</i>	MUHNAC	MBL41	M
<i>Stenella coeruleoalba</i>	MUHNAC	MBL00204	M
<i>Stenella coeruleoalba</i>	UNISINOS	UNISINOS198	I
<i>Stenella frontalis</i>	GEMM-Lagos	GEMML32	I
<i>Stenella frontalis</i>	GEMM-Lagos	GEMML46	I
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP37	F
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP42	I
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP47	I
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP58	I
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP66	I
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP128	M
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP254	M
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP164	F
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP165	F
<i>Stenella frontalis</i>	IOUSP	IOUSP264	M
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1309	F
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1414	F
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1029	I
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1033	I
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1050	I
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1235	I
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1328	I
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1347	I

Espécie	Coleção Científica	ID Coleção Científica	Sexo
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1401	I
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1425	I
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1051	M
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1061	M
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1097	M
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1107	M
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1316	M
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1406	M
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1251	I
<i>Stenella frontalis</i>	LAMAQ	LAMAQ1227	M
<i>Stenella frontalis</i>	MNRJ	MNRJ53653	F
<i>Stenella frontalis</i>	MNRJ	MNRJ50107	I
<i>Stenella frontalis</i>	MNRJ	MNRJ81528	I
<i>Stenella frontalis</i>	MZUSP	MZUSP27623	I
<i>Stenella frontalis</i>	MZUSP	MZUSP27644	M
<i>Stenella frontalis</i>	MZUSP	MZUSP27590	I
<i>Stenella frontalis</i>	MZUSP	MZUSPEMN05	I
<i>Steno bredanensis</i>	GEMARS	GEMARR0512	F
<i>Steno bredanensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML77	I
<i>Steno bredanensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML09	I
<i>Steno bredanensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML06	I
<i>Steno bredanensis</i>	GEMM-Lagos	GEMML10	I
<i>Steno bredanensis</i>	IOUSP	IOUSP108	I
<i>Steno bredanensis</i>	LAMAQ	LAMAQ1049	I
<i>Steno bredanensis</i>	LAMAQ	LAMAQ1067	I
<i>Steno bredanensis</i>	LAMAQ	LAMAQ1234	I
<i>Steno bredanensis</i>	MNRJ	MNRJ53648	F
<i>Steno bredanensis</i>	MNRJ	MNRJ50106	I
<i>Steno bredanensis</i>	MNRJ	MNRJ55368	I
<i>Steno bredanensis</i>	MNRJ	MNRJ81524	I
<i>Steno bredanensis</i>	MNRJ	MNRJ53649	M
<i>Steno bredanensis</i>	MNRJ	MNRJ49876	I
<i>Steno bredanensis</i>	MZUSP	MZUSP23791	I
<i>Steno bredanensis</i>	MZUSP	MZUSP27625	I
<i>Steno bredanensis</i>	UNISINOS	UNISINOS187	M

Espécie	Coleção Científica	ID Coleção Científica	Sexo
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR0400	I
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR0405	I
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR0564	I
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR0632	I
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR1021	I
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR1199	I
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR1442	I
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR0005	M
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR0333	M
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR0569	M
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR1259	M
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR1320	M
<i>Tursiops gephyreus</i>	GEMARS	GEMARR0040	I
<i>Tursiops gephyreus</i>	UNISINOS	UNISINOS168	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR1337	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR0382	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR0922	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR1192	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR0115	M
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR0401	M
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR1050	M
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR1268	M
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMARS	GEMARR1495	M
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMM-Lagos	GEMML18	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMM-Lagos	GEMML81	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMM-Lagos	GEMML98	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMM-Lagos	GEMML01	I
<i>Tursiops truncatus</i>	GEMM-Lagos	GEMML57	I
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP63	F
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP74	F
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP97	F
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP103	I
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP109	I
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP151	I
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP33	I

Espécie	Coleção Científica	ID Coleção Científica	Sexo
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP60	I
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP62	I
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP93	I
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP61	M
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP91	M
<i>Tursiops truncatus</i>	IOUSP	IOUSP96	M
<i>Tursiops truncatus</i>	MNRJ	MNRJ50111	I
<i>Tursiops truncatus</i>	MNRJ	MNRJ81523	I
<i>Tursiops truncatus</i>	MNRJ	MNRJ52810	I
<i>Tursiops truncatus</i>	MZUSP	MZUSP28408	I
<i>Tursiops truncatus</i>	MZUSP	MZUSP23817	I
<i>Tursiops truncatus</i>	MZUSP	MZUSP19481	M
<i>Tursiops truncatus</i>	MZUSP	MZUSPEMN01	I
<i>Tursiops truncatus</i>	MZUSP	MZUSPEMN03	I
<i>Tursiops truncatus</i>	MUHNAC	MBL8	F
<i>Tursiops truncatus</i>	MUHNAC	MBL31106	F
<i>Tursiops truncatus</i>	MUHNAC	MBL43	M
<i>Tursiops truncatus</i>	UNISINOS	UNISINOS166	M