Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes

Leandro dos Santos Lima Hohl

Variações cranianas em *Tursiops truncatus* (Mammalia: Cetartiodactyla) em diferentes localidades dos oceanos, com ênfase na costa sul-americana: uma abordagem pela técnica de morfometria geométrica

Rio de Janeiro
2015

Leandro dos Santos Lima Hohl

Variações cranianas em *Tursiops truncatus* (Mammalia: Cetartiodactyla) em diferentes localidades dos oceanos, com ênfase na costa sul-americana: uma abordagem pela técnica de morfometria geométrica

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Rocha-Barbosa

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Lencastre Sicuro

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

H717 Hohl, Leandro dos Santos Lima.
Variações cranianas em *Tursiops truncatus* (Mammalia: Cetartiodactyla) em diferentes localidades dos oceanos, com ênfase na costa sul-americana: uma abordagem pela técnica de morfometria geométrica / Leandro dos Santos Lima Hohl. – 2015.
126f.: il.

Orientador: Oscar Rocha Barbosa.
Coorientador: Fernando Lencastre Sicuro.
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes.

1.Golfinho - Morfologia - Teses. 2.Cetáceo - Teses. I. Barbosa, Oscar Rocha. II. Sicuro, Fernando Lencastre. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes. IV. Título.

CDU 599.51

Autorizo, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

_____ _____

Assinatura Data

Leandro dos Santos Lima Hohl

Variações cranianas em *Tursiops truncatus* (Mammalia: Cetartiodactyla) em diferentes localidades dos oceanos, com ênfase na costa sul-americana: uma abordagem pela técnica de morfometria geométrica

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 10 de fevereiro de 2015

Banca Examinadora:

_____

Prof. Dr. Oscar Rocha-Barbosa (Orientador)

Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes – UERJ

_____

Prof. Dr. André Silva Barreto

Universidade do Vale do Itajaí

_____

Prof.ª Dra. Valéria Gallo da Silva

Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes - UERJ

Rio de Janeiro

2015

DEDICATÓRIA

A meus pais, Eugenio Hohl e Mara Luiza Esquimbre dos Santos Lima, ao meu irmão, Rafael dos Santos Lima Hohl e a minha noiva Jeanine Salles dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Aos órgãos de fomento, FAPERJ, CNPq e à UERJ, por concederem apoio financeiro durante a execução deste projeto.

Aos meus orientadores, Oscar Rocha-Barbosa e Fernando Lencastre Sicuro, por me acolherem no laboratório e me deixarem fazer parte de seus projetos, com os quais aprendi muito. E principalmente por me tratarem sempre de igual para igual, me confiando tarefas e acreditando na execução das mesmas.

Aos pesquisadores, André Silva Barreto, Ignacio Benites Moreno, Janaína Carrion Wickert e Fernando Lencastre Sicuro, por cederem o valioso material que foi por mim analisado, poupando tempo e dinheiro em viagens para adquiri-los. Além dos valisos conhecimentos e conselhos dados.

A Prof[a]. Dra. Valéria Gallo da Silva pelo seu tempo e sua atenção para revisar esta Dissertação de Mestrado, acrescentando valiosas sugestões e correções.

Aos amigos de laboratório, Mariana Fiuza de Castro Loguercio e Leonardo Lobo Ribeiro, por me ajudarem quando precisei e por tornar minha estadia no laboratório muito agradável. E em momentos de escuridão em meio às pesquisas, me dando uma luz no fim do túnel.

A meus pais e melhores amigos, Eugenio Hohl e Mara Luiza Esquimbre dos Santos Lima, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim e em minhas conquistas. Dando amor, carinho, educação, valores e, por último, mas não menos importante, a cobrança. Sem os quais eu não chegaria até onde cheguei afinal a família é o principal alicerce.

Ao meu irmão e grande amigo, Rafael dos Santos Lima Hohl, por sempre me dar força e ótimos conselhos e sempre acreditar no meu potencial.

A minha noiva, Jeanine Salles dos Santos, por ter entrado na minha vida e ter cuidado de mim não só na vida pessoal, mas, também, na profissional. Obrigado por ter me aturado em todas as tensões do dia-a-dia e ter me ajudado a superar todas as barreiras até aqui.

Enfim, a todas as pessoas ao meu redor que sempre se mantiveram presentes.

Não cessaremos nunca de explorar; E o fim de toda a nossa exploração; Será chegar ao ponto de partida; E conhecer o lugar pela primeira vez.

T. S. Eliot

RESUMO

HOHL, Leandro dos Santos Lima. *Variações cranianas em Tursiops truncatus (Mammalia: Certartiodactyla) em diferentes localidades dos oceanos, com ênfase na costa sul-americana: uma abordagem pela técnica de morfometria geométrica.* 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Os delfinídeos são os cetáceos mais ecologicamente diversos, ocorrendo numa ampla faixa de latitudes, em águas oceânicas e costeiras, incluindo regiões estuarinas e dulcícolas. O cenário taxonômico é especialmente confuso no gênero *Tursiops*, uma vez que grande parte das formas tem sido sinonimizadas na espécie *Tursiopstruncatus*. No entanto, estudos recentes sugerem que o gênero *Tursiops* seja polifilético. O golfinho-nariz-de-garrafa,*T.truncatus*, ocorre tanto em águas costeiras quanto oceânicas, em todas as regiões tropicais e temperadas. A espécie *T. truncatus* é tida como polimórfica e tal característica a torna alvo de acirradas discussões acerca do que são variações regionais ou diferentes entidades taxonômicas. O objetivo do presente estudo foi analisar a variabilidade morfológica de *T. truncatus* em distintas regiões oceânicas, buscando fornecer informações que permitam embasar os argumentos para futuras discussões taxonômicas que envolvem o gênero. Para isso, foi feita análise de Morfometria Geométrica em 2-D de crânios em vistas dorsal e lateral de espécimes que ocorrem nos oceanos Pacífico Norte Oriental, Atlântico Norte Ocidental, Atlântico Sul Ocidental, Atlântico Norte Oriental, Atlântico Sul Oriental e Índico. Foram encontradas diferenças significativas em todo o material analisado, incluindo diferenças entre exemplares reconhecidos como *T. gephyreus* e *T. truncatus* na costa Atlântica da América do Sul. As variações cranianas encontradas possuem relação com o tipo de ambiente em que os diferentes grupos ocorrem e podem estar relacionadas com a forma de forrageio, captura de presa e ao sistema de ecolocalização. Além disso, as variações na costa Atlântica da América do Sul podem ser explicadas pelo possível reconhecimento de duas espécies nessa região.

Palavras-chave: Crânio. Mammalia. Morfometria Geométrica. *Tursiops gephyreus*. *Tursiops truncatus*.

ABSTRACT

HOHL, Leandro dos Santos Lima*. Cranial variations in Tursiops truncatus (Mammalia: Certartiodactyla) in different localities of the oceans, with emphasis on the South American coast: an approach by the technique of geometric morphometric.*2015. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia Roberto Alcantara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Delphinids are the most ecologically diverse cetaceans, occurring in a wide range of latitudes in pelagic and coastal waters, including estuarine and freshwater regions. The taxonomy is especially confusing on genus *Tursiops*, since most forms has been synonymized in the specie *Tursiopstruncatus*. However, recent studies suggest that *Tursiops* is polyphyletic. The bottlenose dolphin*T.truncatus* habit coastal and pelagic waters in all tropical and temperate regions.*Tursiopstruncatus* is considered polymorphic and this characteristic makes the target of bitter taxonomic discussions about what are regional variations or different taxonomic entities. The objective was to analyze the cranial morphological variability of *T. truncatus* in different ocean regions to provide arguments for taxonomic discussions involving this genus. Two dimensional Geometric Morphometric analysiswas performed in skulls on dorsal and lateral views of specimens occurring in the Pacific North East, North West Atlantic, South West Atlantic, East North Atlantic, East South Atlantic and Indian oceans. There were significant differences between all groups, including differences between specimens recognizedas*T. gephyreus* and *T. truncatus* in the Atlantic coast of South America. The skull variationsare related to the type of environment in which different groups occur and may be relating to the foraging, prey capture and echolocation system. In addition, variations along the Atlantic coast of South America can be explained by the possible recognition of two species in this region.

Keywords: Skull. Mammalia. Geometric Morphometrics. *Tursiops gephyreus*. *Tursiops truncatus*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplares de *Tursiops truncatus*..... 17

Figura 2 – Distribuição geográfica do gênero *Tursiops*..... 18

Figura 3 – Distribuição geográfica da espécie *Tursiops aduncus*..... 21

Figura 4 – Esquema mostrando as principais estruturas do crânio de *T. truncatus*..... 24

Figura 5 – Esquema demonstrando a aquisição das fotografias..... 28

Figura 6 – Esquema com a numeração e posição dos *landmarks* (pontos vermelhos) e *semilandmarks* (pontos azuis), em vista dorsal..... 31

Figura 7 – Esquema com a numeração e posição dos *landmarks* (pontos vermelhos) e *semilandmarks* (pontos azuis), em vista lateral..... 32

Figura 8 – Mapa de abrangência dos grupos oceânicos de *T. truncatus* analisados..... 33

Figura 9 – Organogramadas etapas feitas na análise de Morfometria Geométrica antes da visualização da forma..... 38

Figura 10 – Gradis de transformações de Thompson (1917)..... 39

Figura 11 – Gráfico de dispersão da PCA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação..... 41

Figura 12 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação..... 43

Figura 13 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os eixos de variação CV1 e CV3..... 44

Figura 14 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os eixos de variação CV1 e CV4..... 45

Figura 15 – Variações cranianas entre as diferentes regiões oceânicas, em vista dorsal, ao longo dos eixos CV1 e CV2..... 50

Figura 16 – Variações cranianas entre as diferentes regiões oceânicas, em vista dorsal, ao longo do eixo CV3..... 53

Figura 17 – Variações cranianas entre as diferentes regiões oceânicas, em vista dorsal, ao longo do eixo CV4..... 56

Figura 18 – Gráfico de dispersão da PCA restrita à costa Atlântica da América do Sul para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação..... 57

Figura 19 – Gráfico de dispersão da CVA restrita à costa Atlântica da América do Sul para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação..... 58

Figura 20 – Variações cranianas na costa Atlântica da América do Sul, em vista dorsal, ao longo dos eixos CV1 e CV2..... 62

Figura 21 – Gráfico de dispersão da PCA interespecífica entre *T. truncatus* e *T. gephyreus* para a vista dorsal..... 63

Figura 22 – Gráfico da análise de função discriminante entre *T. truncatus* e *T. gephyreus* para a vista dorsal..... 64

Figura 23 – Variações cranianas entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*, em vista dorsal, ao longo do principal eixo de variação (PC1)..... 66

Figura 24 – Diferentes morfologias cranianas, em vista dorsal, de *Tursiopstruncatus*, em distintas regiões oceânicas..... 67

Figura 25 – Diferentes morfologias cranianas, em vista dorsal, de *Tursiopstruncatus*, ao longo da costa Atlântica da América do Sul..... 68

Figura 26 – Diferentes morfologias cranianas, em vista dorsal, entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*..... 69

Figura 27 – Gráfico de dispersão da PCA transoceânica para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação..... 70

Figura 28 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação..... 72

Figura 29 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os eixos de variação CV1 e CV3, entre os grupos..... 73

Figura 30 – Variações cranianas nas diferentes regiões oceânicas, em vista lateral, ao longo dos eixos CV1 e CV2..... 77

Figura 31 – Variações cranianas nas diferentes regiões oceânicas, em vista lateral, ao longo dos eixos CV1 e CV3..... 80

Figura 32 – Gráfico de dispersão da PCA da costa Atlântica da América do Sul para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação..... 81

Figura 33 – Gráfico de dispersão da CVA da costa Atlântica da América do Sul para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação..... 82

Figura 34 – Gráfico de dispersão da CVA da costa Atlântica da América do Sul para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação, CV1 e CV3, entre os grupos..... 83

Figura 35 – Variações cranianas na costa Atlântica da América do Sul, em vista lateral, ao longo dos eixos CV1 e CV2..... 87

Figura 36 – Variações cranianas na costa Atlântica da América do Sul, em vista lateral, ao longo dos eixos CV1 e CV3..... 90

Figura 37 – Gráfico de dispersão da PCA interespecífica entre *T. truncatus* e *T. gephyreus* para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação..... 91

Figura 38 – Gráfico da análise de função discriminante entre *T. truncatus* e *T. gephyreus* para a vista dorsal..... 92

Figura 39 – Variações cranianas entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*, em vista lateral, ao longo dos eixos PC1 e PC2..... 96

Figura 40 – Diferentes morfologias cranianas, em vista lateral, de *Tursiopstruncatus*, em diferentes regiões oceânicas..... 97

Figura 41 – Diferentes morfologias cranianas, em vista lateral, de *Tursiops truncatus*, ao longo da costa Atlântica da América do Sul..... 98

Figura 42 – Diferentes morfologias cranianas, em vista lateral, entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*..... 99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOci	Atlântico Norte Ocidental
ANOri	Atlântico Norte Oriental
ASOci	Atlântico Sul Ocidental
ASOri	Atlântico Sul Oriental
CVA	*Canonical Variate Analysis*
CVs	*Canonical Variates*
DFA	*Discriminant Function Analysis*
GPA	*Generalized Procrustes Analysis*
NE	Nordeste
OÍ	Oceano Índico
PCA	*Principal Component Analysis*
PCs	*Principal Components*
PNOri	Pacífico Norte Oriental
SE	Sudeste
SMM	*Society for Marine Mammalogy*
WoRMS	*World Register of Marine Species*

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	**O GÊNERO *TURSIOPS***	16
1.1	**Características gerais**	16
1.2	**Distribuição geográfica**	17
1.3	**Taxonomia**	18
1.4	**Morfologia do crânio**	22
1.5	**Estudos morfométricos em crânio de golfinhos**	25
2	**HIPÓTESE**	26
3	**OBJETIVOS**	26
4	**MATERIAL E MÉTODOS**	27
4.1	**Material utilizado**	27
4.2	**Aquisição das imagens**	27
4.3	**Determinação dos *landmarks* e *semilandmarks***	29
4.3.1	Aquisição dos*landmarks* e *semilandmarks* para a vista dorsal	30
4.3.2	Aquisição dos *landmarks* e *semilandmarks* para a vista lateral	31
4.4	**Análises de morfometria geométrica**	32
4.4.1	Descrição das análises preliminares	34
4.4.2	Análises estatísticas	35
4.4.3	Visualização das variações de forma	38
5	**RESULTADOS**	41
5.1	**Vista dorsal do crânio**	41
5.1.1	Variações morfológicas transoceânicas	41
5.1.2	Variações latitudinais no Atlântico Sul Ocidental	57
5.1.3	Variações interespecíficas no Atlântico Sul Ocidental	63
5.2	**Vista lateral do crânio**	70
5.2.1	Variações morfológicas transoceânicas	70
5.2.2	Variações latitudinais no Atlântico Sul Ocidental	81
5.2.3	Variações interespecíficas no Atlântico Sul Ocidental	91
6	**DISCUSSÃO**	100
6.1	**Reconhecimento de variações em *Tursiops* em diferentes regiões oceânicas**	100

6.2 **Hipótese morfofuncional das variações cranianas**..... 102
6.3 **Validação de *Tursiops gephyreus***..... 105
CONCLUSÕES..... 108
REFERÊNCIAS..... 109
APÊNDICE A - Listagem dos exemplares de *Tursiops* analisados..... 116
APÊNDICE B - Definição e números das *landmarks*/*semilandmarks* para a vista dorsal do crânio..... 123
APÊNDICE C - Definição e números das *landmarks*/*semilandmarks* para a vista lateral do crânio..... 124
APÊNDICE D - Valores estatísticos das análises para a vista dorsal do crânio de *T. truncatus*..... 125
APÊNDICE E - Valores estatísticos das análises para a vista lateral do crânio de *T. truncatus*..... 126

INTRODUÇÃO

Os golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), são mamíferos marinhos que, dentre os cetáceos, são os mais conhecidos e estudados (Wells & Scott, 1999). Tradicionalmente, os táxons Cetacea e Artiodactyla eram considerados como grupos de ordens diferentes, mas, atualmente, de acordo com análises cladisticas baseadas em dados moleculares, estão agrupados em uma única ordem denominada Cetartiodactyla (Rice, 2009). De acordo com o *World Register of Marine Species* – WoRMS (disponível em: http://www.marinespecies.org/, acesso em: 20/12/2014, às 9:50), dentro desta nova classificação, a infraordem Cetacea (botos, baleias e golfinhos) inclui as superfamílias Odontoceti (diagnosticada pela presença de ecolocalização e dentes) e Mysticeti (diagnosticada nas espécies extantes pela presença de barbatanas) (Rice, 2009).

Os cetáceos estão entre os mamíferos mais derivados (Jefferson *et al*., 2008), tendo evoluído a partir de ancestrais terrestres há mais de 70 milhões de anos. Apesar da necessidade de ir à superfície para respirar, estão adaptados à vida aquática, não havendo necessidade de ir à terra firme, seja para descanso ou reprodução (Jefferson *et al*., 2008).

Todos os cetáceos possuem a forma geral do corpo similar: um tronco fusiforme (uns mais acentuados que outros); membros anteriores modificados em nadadeiras peitorais achatadas e em forma de remo; crânio telescópico, ou seja, alongado pré-orbitalmente e comprimido pós-orbitalmente, com sobreposição de ossos; aberturas nasais localizadas dorsalmente no crânio; camada de gordura bem desenvolvida utilizada como isolante térmico, ao invés de pelos (Pough *et al*., 2008); órgãos reprodutores internos; e estruturas não ósseas de formato falciforme e uma nadadeira dorsal (secundariamente perdida em algumas espécies) que além de ajudar a manter o equilíbrio funciona como mais uma forma de controlar a temperatura corporal, fazendo trocas de calor com o meio (Hetzel & Lodi, 1993). Além da perda de estruturas que não favorecem uma vida aquática, tais como membros posteriores [presentes apenas de forma vestigial (Soares, 1993)] e pelos

(embora todos tenham tido pelos em algum momento durante o desenvolvimento e alguns tenham retido alguns pelos na área do rostro) (Fordyce & Barnes, 1994).

De acordo com Jefferson *et al*. (2008), a superfamília Odontoceti é representada por espécies de pequeno a médio porte e o dimorfismo sexual é geralmente encontrado. Esta superfamília é caracterizada por ser homodonte (*i.e.*, todos os dentes são semelhantes entre si) ao longo da vida. Dependendo da espécie, os dentes podem estar inclusos na mandíbula ou simplesmente encobertos pela gengiva, terem sofrido polidontia (ganho de dentes) ou oligodontia (perda de dente) e ainda os dentes podem ter tomado formas peculiares. O crânio dos representantes desta superfamília é assimétrico (geralmente com um perfil côncavo), possui um único espiráculo, incisuras anterorbitais e a porção posterior da mandíbula é composta pelo "*pan bone*" (osso em forma de frigideira) de paredes finas. Além disso, há um complexo sistema de sacos nasais e um órgão gorduroso localizado na testa denominado melão, os quais participam da ecolocalização. São reconhecidas para essa superfamília aproximadamente 72 espécies em 33 gêneros (Jefferson *et al*., 2008).

Dentre os odontocetos, destaca-se a família Delphinidae, que são os cetáceos mais ecologicamente diversos, ocorrendo numa ampla faixa de latitudes, em águas oceânicas e costeiras, incluindo regiões estuarinas e dulcícolas (Steeman *et al*., 2009). Esta família tem sido chamada de "cesta de lixo taxonômica", pois muitos odontocetos, pequenos a médios em tamanho e apresentando várias formas, têm sido agrupados sem diagnoses precisas por séculos (Jefferson *et al.*, 2008). Possuem aproximadamente 38 espécies em 17 gêneros (Charlton-Robb *et al.*, 2011; Committee on Taxonomy, 2011).

O comprimento total dos indivíduos da família Delphinidae varia de 1,0 a 1,80 metros para golfinhos do gênero *Sotalia* e *Cephalorhyncus*, até 9,8 metros alcançados pelos machos das orcas (Jefferson *et al.*, 2008). A maioria dos delfinídeos compartilha as seguintes características: hábitat marinho, rostro perceptível, dentes cônicos e nadadeira dorsal grande e falciforme, localizada próximo ao meio do dorso. Para a maioria dessas características citadas há exceções, menos para a presença de dentes cônicos (Jefferson *et al.*, 2008). E, inseridos nesta família, encontram-se os golfinhos-nariz-de-garrafa do gênero *Tursiops*.

1 **O GÊNERO *TURSIOPS***

1.1 **Características gerais**

Os representantes deste gênero apresentam corpo robusto, nadadeira dorsal moderadamente falcada e nítida divisão entre seu rostro curto e o melão (Wells & Scott, 1999) (**Figura 1**). Possuem, também, uma delicada curvatura na linha da boca, que lembra um “discreto sorriso” (Jefferson *et al.*, 2008). A coloração do corpo geralmente oscila de cinza claro a preto na região dorsal; e na região ventral, esta é clara (Wells & Scott, 1999). Seu comprimento em adultos varia de 2,5 a 3,8 metros, dependendo da localização geográfica (Wells & Scott, 1999). Possuem duas vértebras cervicais fusionadas e mais de 20 dentes em cada lado da maxila (Sylvestre & Tanaka, 1985).

Este gênero apresenta formas oceânicas e costeiras, com formas costeiras e oceânicas reconhecidas para populações dos oceanos Atlântico Norte e Pacífico Norte Oriental, África do Sul e Peru (Jefferson *et al.*, 2008). Além de ter grande variação entre populações que ocorrem nos diferentes oceanos (Rice, 1998).

As formas costeiras, no Oceano Atlântico e em outras regiões, tendem a ser menores, com coloração mais clara e nadadeiras maiores. Entretanto, há exceções como as formas oceânicas do Oceano Pacífico Norte Oriental, que são menores do que as formas costeiras nessa região (Wells & Scott, 1999).

Figura 1 - Exemplares de *Tursiops truncatus* da foz do Rio Itajaí, Santa Catarina.

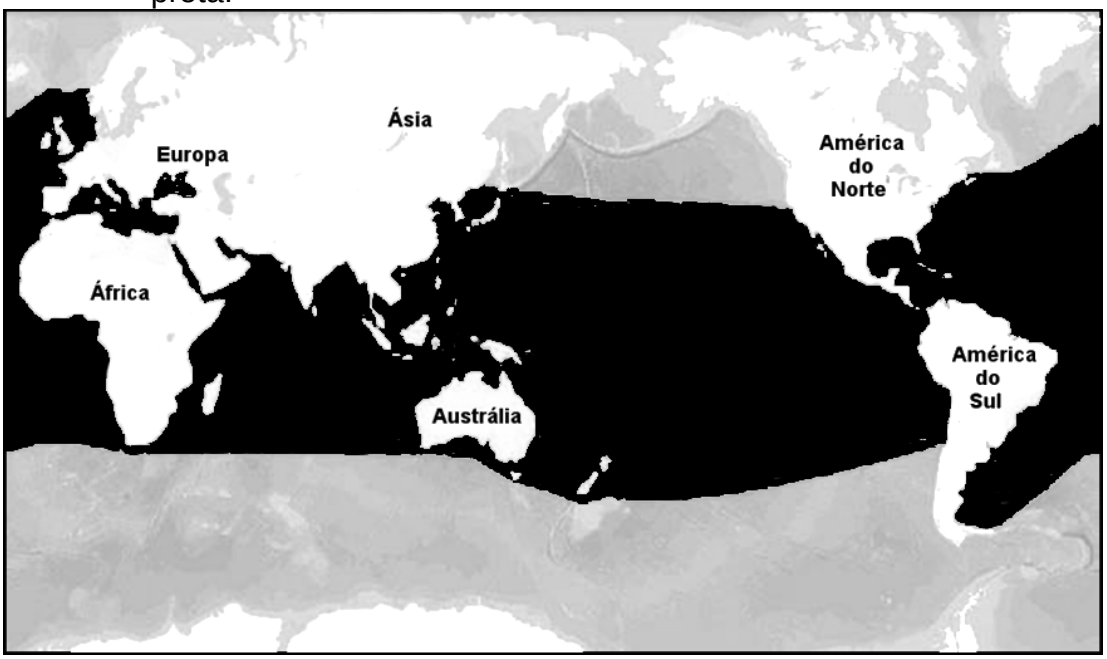
Fonte: Fotos cedidas pelo Dr. André Silva Barreto da Universidade do Vale do Itajaí, [2010?].

1.2 **Distribuição geográfica**

O gênero *Tursiops* ocorre em todas as regiões tropicais e temperadas, em praticamente todos os oceanos (Leatherwood & Reeves, 2000), ocupando também mares internos, como o Mar Negro, e estuários, como o da Lagoa dos Patos (Simões-Lopes & Fabian 1999; Fruet *et al.,* 2011). De acordo com Siciliano *et al.*(2006) e Moreno *et al.* (2009), sua distribuição no oceano Atlântico Sul Ocidental estende-se desde a costa do Amapá, norte do Brasil, até a Província de Chubut na

Argentina, com alguns registros para Tierra del Fuego (Goodall *et al.,* 2008) (**Figura 2**).

Figura 2 - Distribuição geográfica do gênero *Tursiops* indicada pela faixa preta.



Fonte: Modificado de IUCN Red List - www.maps.iucnredlist.org., [2014]

1.3 **Taxonomia**

A despeito dos esforços no campo da taxonomia, o reconhecimento de níveis de generalidades mais baixos (gênero e espécie) tem sido controverso, devido à rápida radiação global e adaptações ecotípicas locais em cetáceos (Kingston *et al*., 2009; Tezanos-Pinto *et al*., 2009). Além disso, para populações de pequenos cetáceos, os problemas taxonômicos em nível de gênero e espécie podem estar relacionados à falta de conhecimento sobre as mesmas (Geise, 1989; Geise *et al.*, 1999).

Este cenário taxonômico é especialmente confuso no gênero *Tursiops*, uma vez que grande parte das espécies tem sido sinonimizadas na espécie *Tursiops truncatus*. No entanto, estudos recentes sugerem que o gênero *Tursiops* seja polifilético (Natoli *et al*., 2004; Charlton *et al*., 2006).

De acordo com Wells & Scott (1999), a espécie reconhecida atualmente como *Tursiops truncatus* foi descrita por Lacépède em 1804 ao observar um espécime na escola veterinária parisiense, o qual nomeou *Delphinus nesarnack*.

O espécime descrito por Lacépède desapareceu juntamente com o uso do seu nome científico, *Delphinus nesarnack*, que caiu em desuso. Em seguida, Montagu em 1821 descreveu um golfinho coletado no Rio Dart, em Devonshire, Reino Unido, denominando-o de *Delphinus truncatus*. A característica-chave discutida por ele foi o achatamento nas pontas dos dentes, o qual assumiu como sendo diagnóstico dessa espécie, ao invés de resultado de possível desgaste (Wells & Scott, 1999).

Mais tarde, Gray em 1843, alocou a espécie em um novo gênero, *Tursio*, posteriormente chamado de *Tursiops* Gervais, 1855, devido a motivos de sinonímia com o gênero *Physeter*. O nome *Tursiops* significa “aparência de golfinho”, derivado do Latim *Tursio* = golfinho, e do sufixo Grego *–ops* = aparência. O nome *truncatus* deriva do Latim *trunco*-, referindo-se à dentição composta por dentes achatados (Wells & Scott, 1999).

A variação no tamanho, coloração e características cranianas relacionadas com a alimentação, associadas com sua distribuição cosmopolita, levaram desde a metade do século XIX, à descrição de uma lista de aproximadamente 20 espécies nominais do gênero *Tursiops* (Hershkovitz, 1966). Além disso, os assim chamados, golfinhos-nariz-de-garrafa têm sido colocados em vários gêneros além do gênero *Tursiops*, como: *Delphinus*, *Tursio*, *Steno*, *Clymenia*, *Sotalia* e *Beluga*. As espécies incluem: *Delphinus nesarnack* Lacépède, 1804; *D. compressicauda* Lesson, 1828; *D. eurynome* Gray, 1846; *D. metis* Gray, 1846; *D. cymodoce* Burmeister, 1867; *D. erebennus* Cope, 1865; *D. parvimantus* Lütken, 1887; *D. aduncus* Ehrenberg, 1833; *D. hamatus* Wiegmann, 1841; *D. abusalam* Rüppell, 1842; *D. gadamu* Owen, 1866; *D. caerulescens* Gigliori, 1874; *Tursiops gilli* Dall, 1873; *T. nuuanu* Andrews, 1911; *T. catalania* Gray, 1862; *T. gephyreus* Lahille, 1908; *T. fergusoni* Lyddeker, 1903; *T. dawsoni* Lyddeker, 1909; *T. maugeanus* Iredale & Troughton, 1934; *Steno perniger* Blanford, 1891 (Hershkovitz, 1966; Wells & Scott, 1999; Jefferson *et al.,* 2008).

Alguns autores inicialmente sugeriram a existência de somente uma espécie com distribuição cosmopolita, *T. truncatus*. Outros, como Hershkovitz (1966), reconheceram como válidas as espécies *Tursiops gilli* e *T. truncatus*, esta última

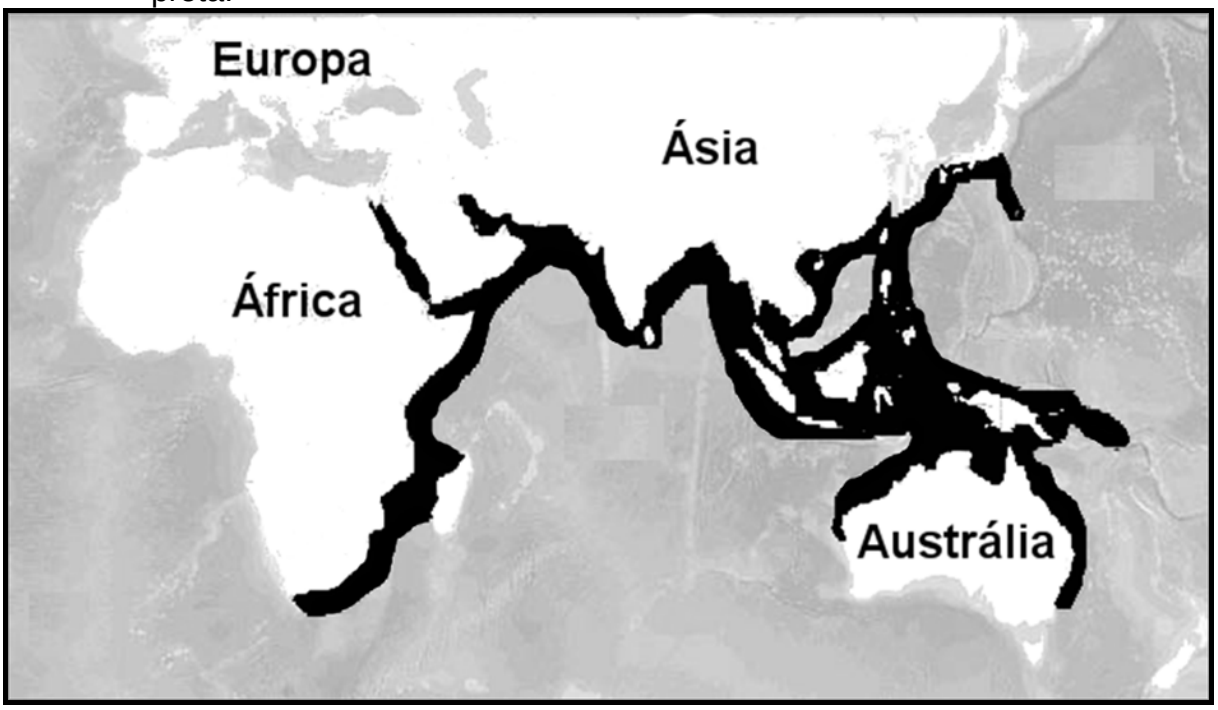
dividida nas subespécies *T. truncatus truncatus* e *T. truncatus aduncus* (Rice 1998). Van Bree em 1966 sugeriu que *T. truncatus* e *T. aduncus* fossem diferentes espécies plenas, cada uma com formas geográficas reconhecidas como subespécies (Wickert, 2010). Já Pilleri & Gihr em 1972 sugeriram que *T. truncatus*, *T. gilli, T. aduncus* e *T. gephyreus* seriam espécies distintas (Wickert, 2010).

Apesar de terem sido sugeridas diversas espécies, apenas *Tursiops truncatus* foi a única reconhecida. Porém, devido ao alto grau de polimorfismo e a existência de variação clinal (*i.e.,* mudança gradual em um fenótipo através do alcance de distribuição de uma espécie ou população, normalmente relacionada com uma transição geográfica ou ambiental) muitos autores recomendam uma revisão do gênero (Ross, 1977; Walker, 1981; Klinowska, 1991; Jefferson *et al.*, 1993; Wells & Scott, 1999; Barreto, 2000).

A posição taxonômica de *T. truncatus* torna-se ainda mais confusa pela observação de hibridizações com outras espécies de odontocetos como: *Grampus griseus*, *Pseudorca crassidens*, *Steno bredanensis* e *Globicaphala macrorhynchus* (Sylvestre & Tanaka, 1985). Além disso, estudos genéticos sugerem a existência de múltiplas espécies dentro deste gênero (Wells & Scott, 1999).

De acordo com Rice (1998) e com o Comitê Científico da *Society for Marine Mammalogy* (SMM), apenas duas espécies são reconhecidas atualmente: *T. aduncus*, em águas costeiras da região Indo-Pacífico (**Figura 3**) e *T. truncatus*, com uma distribuição cosmopolita, tanto em águas costeiras como oceânicas (**Figura 2**). Esta diferenciação foi reforçada com base em estudos morfológicos e genéticos (Wang *et al.,* 1999; Wang *et al.,* 2000a; Wang *et al.,* 2000b).

Figura 3 - Distribuição geográfica da espécie *Tursiops aduncus* indicada pela faixa preta.



Fonte: Modificado de IUCN Red List - www.maps.iucnredlist.org., [2014]

Entretanto, estudos buscando o reconhecimento de novas espécies continuam sendo realizados. Por exemplo, a espécie *Tursiops gephyreus* Lahille, 1908 foi descrita pela primeira vez para a costa Atlântica da América do Sul, baseada em apenas dois exemplares, uma fêmea e um macho capturados no estuário do Rio da Prata em 1904 e 1907, respectivamente (Lahille, 1908). Posteriormente, Barreto (2000) propôs a existência de duas formas de *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul Ocidental, uma ao norte e outra ao sul, com o limite das distribuições das formas no estado de Santa Catarina, Brasil. Para a forma sul, sugeriu que fosse utilizada a subespécie *Tursiops truncatus gephyreus.* Mais tarde, Barreto (2004) defendeu a validação de *Tursiops gephyreus,* devido ao fato de existirem características métricas diagnosticáveis e ausência de híbridos na área de simpatria com *T.truncatus.* Mais recentemente, Wickert (2010), através de morfometria craniana tradicional, reforçou a sugestão de validação de *T. gephyreus*. Porém, somente a espécie *T. truncatus* é reconhecida para o Oceano Atlântico (*e.g.,* Barreto *et al.*, 2010; Paglia *et al.*, 2012).

Além destes autores, Charlton-Robb *et al.* (2011) propuseram a existência de uma nova espécie de *Tursiops*, endêmica de águas costeiras do sul e sudeste da

Austrália, denominada *T. australis*. Apesar de marcantes diferenças genéticas, morfológicas e comportamentais, esta espécie ainda não é considerada válida por alguns autores, uma vez que o Comitê Científico da *Society for Marine Mammalogy* (SMM), responsável por produzir uma lista oficial das espécies e subespécies de mamíferos marinhos aceitas, não recomenda a sua validação (lista disponível em: http://www.marinemammalscience.org).

1.4 **Morfologia do crânio**

A complexidade do crânio de mamíferos provém do desenvolvimento conjunto de diversos ossos, que resultam em diferentes níveis de integração e dissociação entre distintos aspectos cranianos (Sydney *et al.*, 2012).O crânio possui duas regiões funcionais: o neurocrânio, que está associado ao cérebro e aos aparatos sensitivos; e o rostro, que está associado ao aparato mastigatório (Radinsky, 1981).

De acordo com a história evolutiva, o crânio dos cetáceos divergiu radicalmente do crânio de mamíferos terrestres (Mead & Fordyce, 2009). Ocorreram modificações ligadas à localização do orifício nasal, estrutura do ouvido médio e interno, aparelho mastigatório, além da eliminação ou redução de algumas estruturas (Mead & Fordyce, 2009). O termo original, *sammenskudt*, utilizado para explicar o resultado geral das mudanças no crânio dos cetáceos, foi sugerido por Winge em 1918 e traduzido por Miller em 1923 como *telescoping* (Mead & Fordyce, 2009). Sendo assim, os cetáceos possuem o crânio com um formato “telescópico” (alongado pré-orbitalmente e comprimido pós-orbitalmente) como resultado do remodelamento extremo do arranjo craniano típico de mamíferos (Mead & Fordyce, 2009).

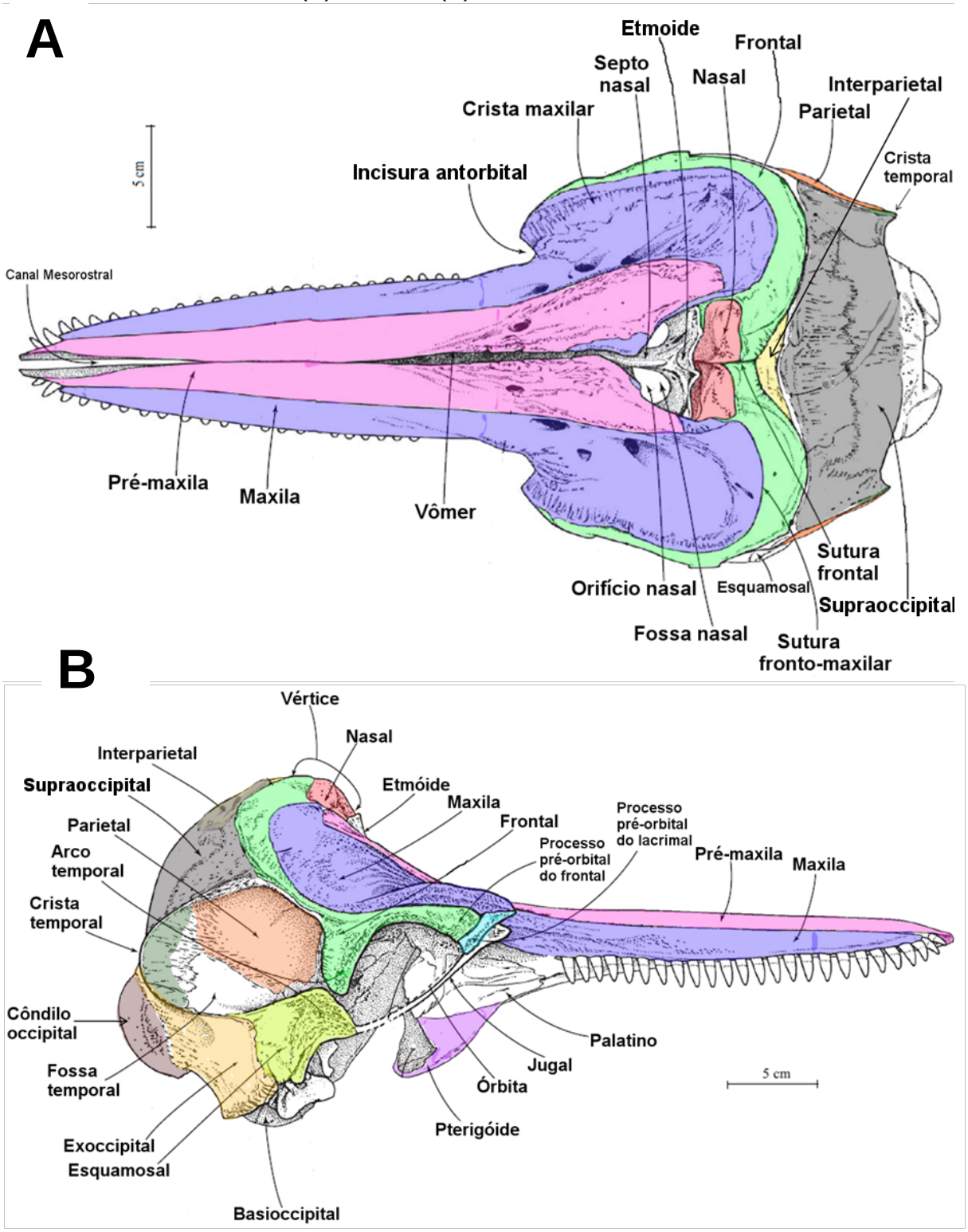
A locomoção sem o uso dos membros (natação ondulatória) é possível graças à grande inserção de músculos na parte posterior do crânio, causando o alargamento, achatamento e espessamento dos ossos occipitais (Mead & Fordyce, 2009). Em odontocetos viventes, houve um leve deslocamento em direção anterior de elementos occipitais, fazendo com que o osso parietal fosse removido da linha média dorsal pelos ossos interparietal e supraoccipital. Por outro lado, os ossos

maxila e pré-maxila moveram-se dorso-posteriormente sobre o crânio para formar elementos da região facial (Mead & Fordyce, 2009).

Os orifícios nasais possuem orientação vertical, fazendo com que os ossos nasais não sejam o teto destes orifícios (Leatherwood & Reeves, 2000). O osso nasal nesses animais limita-se a um pequeno vestígio no vértice dorsal do crânio, posicionando-se póstero-dorsalmente à abertura nasal. O palato, que é formado pelas pré-maxilas, maxilas, vômer, palatino e pterigoide, constitui o teto da boca, mas não o assoalho das passagens nasais (Leatherwood & Reeves, 2000).

A soma total das modificações que envolvem o crânio de odontocetos resulta numa grande assimetria bilateral craniana (Leatherwood & Reeves, 2000; Mead & Fordyce, 2009). Os odontocetos são os únicos mamíferos, viventes ou extintos, em que possuir crânio assimétrico é uma condição normal (Leatherwood & Reeves, 2000). Em um aspecto dorsal do crânio, existe uma diferença contralateral no tamanho e na forma dos seguintes ossos: etmoide, margem lateral do vômer, margem ventromedial dos frontais, processo ascendente das maxilas e pré-maxilas, os nasais e o interparietal. Por outro lado, algumas estruturas cranianas apresentam-se como sendo contralateralmente simétricas: as linhas dos dentes, esfenoides, pterigoides, palatinos, jugais, forâmen dos nervos cranianos, côndilos occipitais, fossa mandibular, processos paraoccipitais e cristas basioccipitais (Leatherwood & Reeves, 2000) (**Figura 4**).

Figura 4 – Esquema mostrando as principais estruturas do crânio de *T. truncatus*, em vista dorsal (A) e lateral (B).



Legenda: As estruturas analisadas no presente estudo foram as coloridas.
Fonte: Modificado de Mead & Fordyce, 2009.

1.5 **Estudos morfométricos em crânio de golfinhos**

Em mamíferos marinhos, o crânio tem sido utilizado em estudos da variação geográfica, através da morfometria clássica/tradicional (Perrin, 1975; Pinedo, 1991; Amano & Miyazaki, 1992; Barreto, 2000; Van Waerebeek, 2004; Beasley *et al.*, 2005; Wickert, 2010). Nesta metodologia, aplicam-se análises estatísticas multivariadas em conjuntos de dados de variáveis morfológicas como distâncias lineares, razões e ângulos entre estruturas anatômicas (Adams *et al.*, 2004).

Contudo, as estruturas morfológicas em um organismo possuem dois componentes: tamanho e forma (Monteiro-Filho *et al.*, 2002). Dependendo da pergunta e proposta de um trabalho esses dois componentes podem ser tratados individualmente. Para isso, a Morfometria Geométrica tem sido aplicada em crânios de golfinhos para estudos de variações morfológicas interespecíficas (Amaral *et al.*, 2009), ontogenéticas (Sydney, 2010; Parés-Casanova & Fabre, 2013; Sydney *et al.*, 2012), dimorfismo sexual (Monteiro-Filho *et al.*, 2002) e variações geográficas (Monteiro-Filho *et al.*, 2002; Van Waerebeek, 2004; Perrin *et al.*, 2011).

Dentro de uma espécie, podem ocorrer variações morfológicas, genéticas ou comportamentais. Estudos que buscam reconhecer tais variações ajudam na compreensão de processos evolutivos intraespecíficos (Schiller, 2006). Sendo assim, estes podem fornecer maiores informações para identificação de ecotipos ou, até mesmo, novas espécies.

Como apresentado, o táxon do presente estudo possui grandes discussões taxonômicas como reflexo de sua rápida radiação e distribuição cosmopolita. Além disso, poucos estudos objetivaram quantificar as variações cranianas em *T. truncatus* de forma sistematizada e abrangente mediante morfometria geométrica.

2 **HIPÓTESE**

A hipótese do presente estudo é de que há variação morfológica craniana entre os diferentes ecotipos ou espécies do gênero *Tursiops*, ao longo de sua distribuição geográfica. Esta proposta leva em consideração o reconhecido polimorfismo dos indivíduos deste gênero, discussões taxonômicas e sua distribuição cosmopolita.

3 **OBJETIVOS**

O objetivo deste estudo foi, mediante morfometria geométrica: (1) analisar variações cranianas de *Tursiops truncatus*, abrangendo diferentes regiões oceânicas; e (2) analisar, pontualmente, variações cranianas no Oceano Atlântico Sul Ocidental, devido às discussões taxonômicas que envolvem esta espécie e sua ampla distribuição nessa área.

4 **MATERIAL E MÉTODOS**

Para analisar as variações de forma do crânio de *T. truncatus*, ao longo de sua distribuição geográfica, foi utilizada a técnica de Morfometria Geométrica em duas dimensões baseada em *landmarks*, que permite uma precisa análise comparativa da forma e nas mudanças de forma em organismos utilizando dados de coordenadas (Bookstein, 1991; Rohlf & Marcus, 1993). Esta também permite analisar uma estrutura removendo os efeitos de tamanho, orientação e escalonamento, que, em geral, é feita utilizando a análise de superposição de Procrustes (Rohlf & Slice, 1990). Além disso, esta metodologia captura a forma de estruturas usando coordenadas cartesianas de uma configuração de pontos (Zelditch *et al.*, 2004) e permite analisar estatisticamente as diferenças na forma utilizando uma descrição quantitativa, que preserva a geometria da variação (Adams *et al.*, 2004).

4.1 **Material utilizado**

Um total de N = 213 crânios de espécimes cranialmente maduros (a maturidade craniana, corporal e sexual são diferentes) de *Tursiops* de diferentes regiões oceânicas foi analisado. Este número variou de acordo com os diferentes tipos de análises. Os crânios foram selecionados de acordo com a qualidade das imagens e da preservação das peças para atender as finalidades das análises nas diferentes vistas. Informações como localização geográfica e sexo dos exemplares foram obtidas nas coleções (**Apêndice A**).

4.2 **Aquisição das imagens**

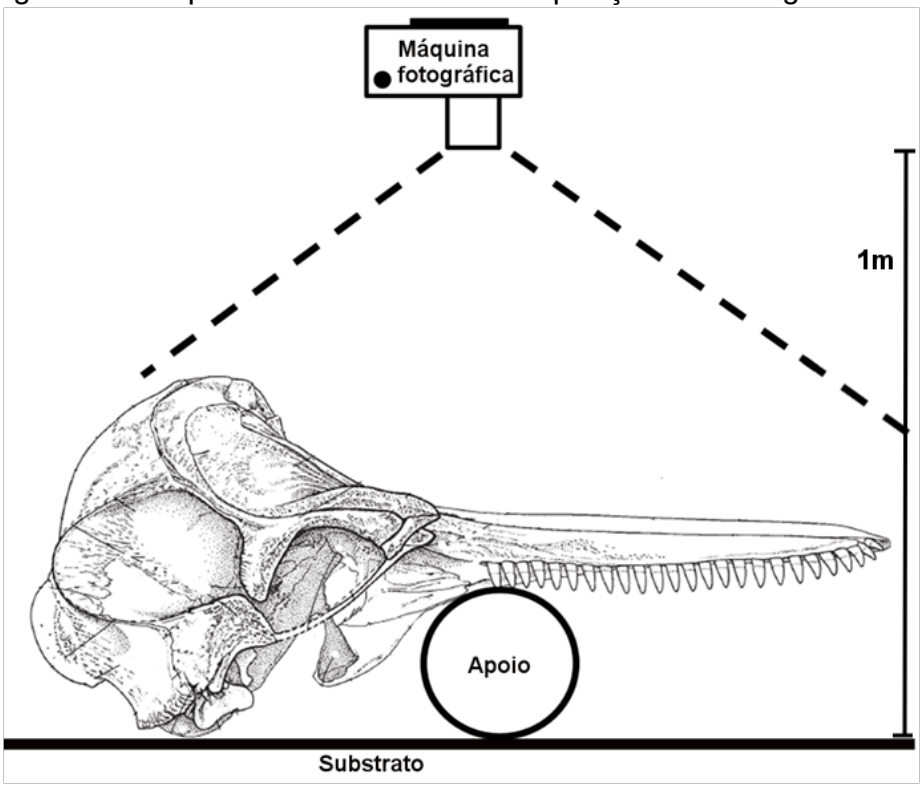
As fotografias dos crânios foram feitas por diferentes pesquisadores: Dr. André Silva Barreto (*Tursiops* do Pacífico Norte Oriental, Atlântico Norte Ocidental e

Atlântico Sul Oriental); Dr. Fernando Lencastre Sicuro (*Tursiops* do Atlântico Norte Oriental); Dr. Ignacio Benites Moreno e Dra. Janaína Carrion Wickert (*Tursiops* do Atlântico Sul Ocidental). De acordo com os resultados obtidos, a aqusição das imagens por diferentes pesquisadores não influenciou as análises, uma vez que todos seguiram o mesmo padrão de tomada das fotos.

Foram feitas fotografias do crânio em vistas dorsal e lateral, utilizando uma câmera digital fixada a uma altura padrão (aproximadamente a 1 metro do crânio), para evitar possíveis discrepâncias durante a captura das imagens.

Além disso, um suporte foi colocado entre a região do rostro e o substrato, de forma que o rostro se mantivesse paralelo ao substrato (**Figura 5**). Isto promoveu um foco uniforme do crânio, sem alterar sua real informação da forma e tamanho. Na maioria das imagens, havia uma escala para preservar a informação original de tamanho. Esse procedimento não se aplicou aos espécimes da Patagônia argentina, portanto não entraram nas análises para a vista dorsal do crânio. Estes foram somente analisados para a vista lateral, pois a metodologia aplicada corrige o desvio da posição do rostro, através da translação durante a superposição de Procrustes.

Figura 5 – Esquema demonstrando a aquisição das fotografias.



Fonte: Crânio modificado de Mead & Fordyce, 2009.

4.3 **Determinação dos *landmarks* e *semilandmarks***

Os *landmarks* são marcos anatômicos homólogos, escolhidos em uma estrutura que pode ter grande importância em processos biológicos, além de evidenciar variações morfológicas entre os organismos estudados (Monteiro & Reis, 1999).

Bookstein (1991) classificou os *landmarks* em três tipos: I, II e III. As *landmarks* do Tipo I são justaposições discretas de tecidos; as do Tipo II são pontos de máxima curvatura ou processos morfogenéticos locais; as do Tipo III são pontos extremos definidos por distâncias através de uma determinada forma.

Os *landmarks* do Tipo III são chamados também de *semilandmarks* e considerados potencialmente deficientes quanto à homologia. Entretanto, as *semilandmarks* têm sido amplamente utilizados quando estruturas anatômicas dotadas de muitas curvaturas é o principal foco de interesse (Bookstein, 1997). Os *semilandmarks* são pontos arbitrariamente definidos, mas que seguem um padrão de repetição ao longo de retas-guia com distâncias ou ângulos constantes entre si que "cortam" a parte anatômica desprovida de marcos anatômicos bem definidos.

O método baseado em *semilandmarks* assume um conceito mais flexível e clássico do que apresentado pela homologia de pontos. Em vez disso, ele usa a noção de partes correspondentes homólogas, geometricamente definidas por curvas ou superfícies (Gunz *et al.*, 2005).

O crânio de *T. truncatus* é conhecido por sua natureza assimétrica (Leatherwood & Reeves, 2000). Além disso, é uma estrutura suscetível a alterações devido, ou não, ao preparo para ser mantido em coleções (*e.g.,* o grau de separação entre as extremidades das pré-maxilas, na extremidade distal do rostro). Sendo assim, algumas decisões metodológicas foram tomadas para acessar a geometria de sua forma.

Para a determinação dos *semilandmarks*, foi utilizado o programa MakeFan6 (Sheets, 2002). Neste programa são gerados, a partir da definição de uma reta-guia entre dois *landmarks*, "cataventos" (do Inglês "*fans"*), em que retas concorrentes são geradas a partir de uma reta-guia tendo entre si ângulos congruentes; ou "pentes" (do Inglês "*combs"*), em que são criadas linhas perpendiculares à reta-guia,

equidistantemente espaçadas, que “cortam” o contorno anatômico, definindo a posição dos *semilandmarks*.

Após esse processo, foi criado um arquivo no formato TPS a partir do banco de imagens contendo os “cataventos”/”pentes”, utilizando o *programa* TPSUtil (*Thin–plate Spline Utility Program*), versão 1.38 (Rohlf, 2006). Em seguida, o arquivo TPS foi importado para o programa TPSDig2, versão 2.0 (Rohlf, 2004) e os *landmarks/semilandmarks* foram pontuadas na mesma ordem em cada imagem, depois de ser definido um fator de escala.

As descrições dos *landmarks/semilandmarks* foram feitas baseadas na nomenclatura anatômica dos ossos do crânio de *T. truncatus*, de acordo com Mead & Fordyce (2009), correlacionando com *landmarks* determinados em outros trabalhos utilizando Morfometria Geométrica em crânio de golfinhos (Monteiro-Filho *et al.*, 2002; Sydney, 2010, 2012).

4.3.1 Aquisição dos *landmarks* e *semilandmarks* para a vista dorsal

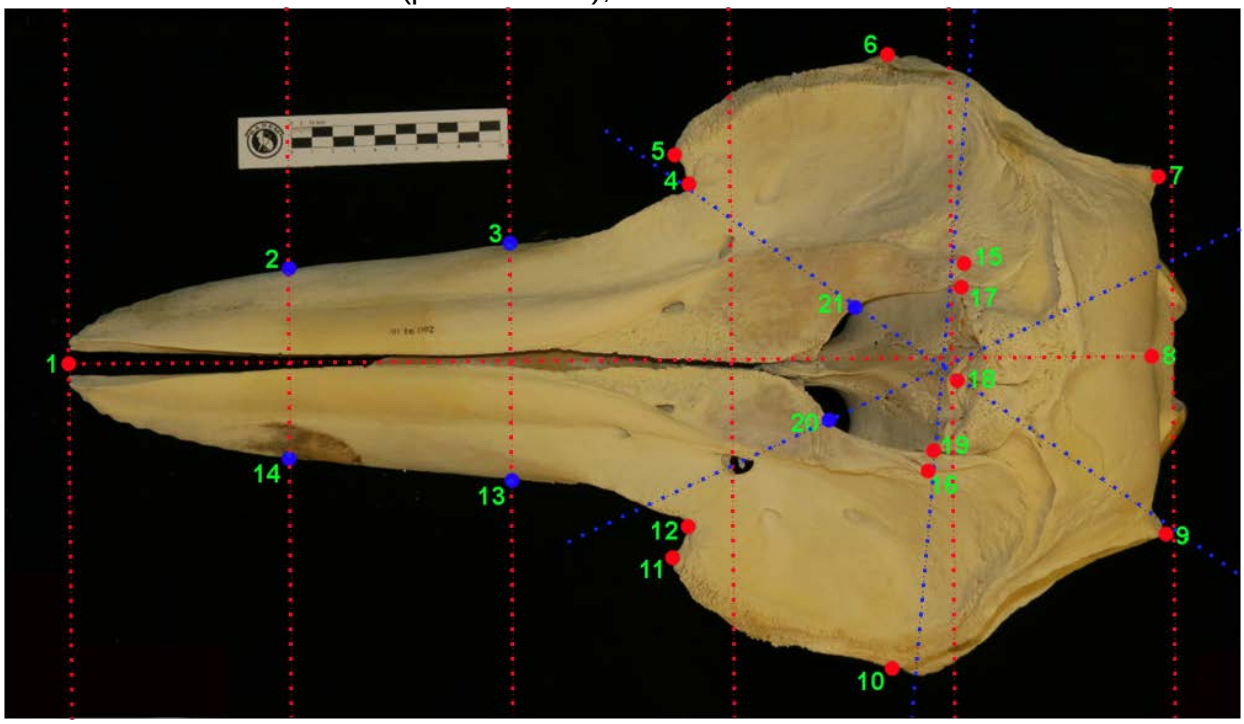
Primeiramente, foram selecionados dois *landmarks* na região posterior do neurocrânio (extremidades das cristas temporais), a partir dos quais foi gerado um *comb* com três linhas perpendiculares à linha reta original. Neste, foi selecionado um ponto, no qual a linha que representa o ponto médio entre os *landmarks* cruza o contorno posterior do crânio (borda do osso supraoccipital). O mesmo foi feito a partir de dois *landmarks* localizados na região anterior do rostro (extremidades das pré-maxilas). A partir desses dois pontos médios gerou-se um novo *comb* com seis linhas perpendiculares à linha reta original, que, posteriormente, foi usado como referência para determinação das *semilandmarks* que descrevem o contorno do rostro (borda das maxilas).

Outros dois *landmarks* (extremidades medial das maxilas) serviram como referência para gerar um *fan* utilizado para determinar os *semilandmarks* (localizados no contorno das pré-maxilas que fazem parte do orifício nasal) que auxiliam a descrever o contorno do orifício nasal.

Estes procedimentos visaram descrever a assimetria natural do crânio de *Tursiops* lidando, de forma padronizada, com as eventuais deformações apresentadas por esse tipo de material.

Desta maneira, foram selecionados 15 *landmarks* e seis *semilandmarks* para descrever a forma do crânio de *T. truncatus,* em vista dorsal (**Figura 6**). A descrição dos *landmarks* e *semilandmarks* está presente no **Apêndice B.**

Figura 6 – Esquema com a numeração e posição dos *landmarks* (pontos vermelhos) e *semilandmarks* (pontos azuis), em vista dorsal.



Legenda: O *comb* está representado por linhas pontilhadas em vermelho e o *fan* está representado por linhas pontilhadas azuis.

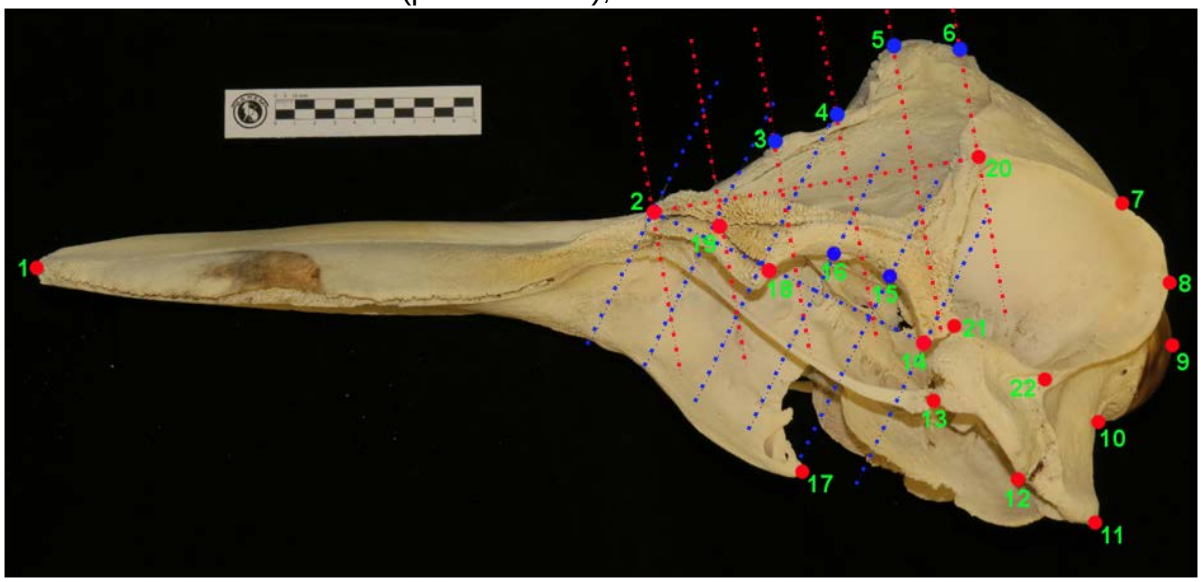
4.3.2 Aquisição dos *landmarks* e *semilandmarks* para a vista lateral

Para a definição da reta-guia, foram selecionados dois *landmarks* (ponto mais anterior da sutura maxila-lacrimal e interseção entre os ossos parietal, interparietal e frontal), a partir dos quais foi gerado um *comb* com seis linhas perpendiculares à linha reta original. Este foi usado como referência para determinação dos *semilandmarks* que descrevem a borda anterodorsal do neurocrânio.

Outros dois *landmarks* (ponto mais anterior da sutura maxila-lacrimal e extremidade ventral do processo pós-orbital do frontal) serviram como referência para gerar um *comb* com seis linhas perpendiculares à linha reta original. Este foi utilizado para determinar as *semilandmarks* que auxiliam a descrever a concavidade ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal.

Desta maneira, foram selecionados 16 *landmarks* e seis *semilandmarks* para descrever a forma do crânio de *T. truncatus* em vista lateral (**Figura 7**). A descrição dos *landmarks* e *semilandmarks* está presente no **Apêndice C.**

Figura 7 – Esquema com a numeração e posição dos *landmarks* (pontos vermelhos) e *semilandmarks* (pontos azuis), em vista lateral.



Legenda: Os *combs* estão representados por linhas pontilhadas em vermelho e azul.

4.4 **Análises de morfometria geométrica**

Devido a sua ampla distribuição, foi feita uma análise verificando variações morfológicas no crânio de indivíduos de *T. truncatus*, ao longo de pontos representativos em diferentes regiões oceânicas. Para isso, foram utilizados 206 crânios em vista dorsal e 181 em vista lateral. Baseado no estudo transoceânico de variações ecotípicas em *Orcinus orca* de Bruyn *et al.* (2013) e no estudo com variações moleculares em *Tursiops truncatus* de Natoli *et al.* (2004), foram determinados seis grupos, de acordo com sua distribuição oceânica: Pacífico Norte

Oriental (representado por espécimes da Califórnia e Havaí); Atlântico Norte Ocidental (representado por espécimes da Flórida/Golfo do México); Atlântico Sul Ocidental (representado por espécimes da costa Atlântica da América do Sul – Ceará, Brasil, à Tierra Del Fuego, Argentina); Atlântico Norte Oriental (representado por espécimes do Reino Unido, incluindo o espécime-tipo de *Tursiops truncatus*, antes chamado de *Delphinus truncatus*); Atlântico Sul Oriental (representado por espécimes da costa Atlântica da África do Sul e Namíbia); e Índico (representado por um espécime do Paquistão, incluindo o espécime-tipo de *Tursiops dawsoni*, da Índia) (**Figura 8**).

Figura 8 – Mapa de abrangência dos grupos oceânicos de *T. truncatus* analisados.

Legenda: PNOri = Pacífico Norte Oriental; ANOci = Atlântico Norte Ocidental; ANOri = Atlântico Norte Oriental; ASOci = Atlântico Sul Ocidental; ASOri = Atlântico Sul Oriental; OÍ = Oceano Índico.

Foi observado que *T. truncatus* possui uma ampla distribuição ao longo da costa Atlântica da América do Sul. Dessa maneira, diferentes populações ocorrem em distintas latitudes, sob influência de correntes marinhas e temperaturas oceânicas. Por esse motivo, foi feita uma análise das variações morfológicas cranianas, restrita aos espécimes ocorrentes ao longo da costa Atlântica da América

do Sul. Para isso, foram determinados quatro grupos baseados, em parte, no trabalho de Fruet *et al.* (2014): Brasil NE/SE; Brasil Sul/Uruguai; Argentina (Província de Buenos Aires) e Argentina (Patagônia, Tierra del Fuego). Este último grupo foi incorporado somente nas análises sob a vista lateral do crânio, enquanto que todos os outros grupos foram analisados para a orientação dorsal e lateral do crânio.

Ademais, com base em discussões taxonômicas envolvendo os exemplares da costa Atlântica da América do Sul, foi feita análise de variações interespecíficas assumindo a existência de duas formas de *Tursiops* na América do Sul: *Tursiops gephyreus* Lahille, 1908*,* revalidado por Barreto (2000) e Wickert (2010), mas ainda não aceito, e *Tursiops truncatus.* Estas foram determinadas de acordo com os critérios para classificação e a listagem dos exemplares de Wickert (2010).

4.4.1 Descrição das análises preliminares

Todas as análises foram feitas separadamente para as vistas dorsal e lateral. Com exceção do pacote estatístico Statistica v.8.0 (Statsoft, 2008), todos os outros programas utilizados foram obtidos gratuitamente na rede mundial de computadores*.*

O arquivo no formato TPS com as coordenadas brutas dos *landmarks/semilandmarks*, pontuados no TPSDig2, foi importado para o programa MorphoJ (Klingenberg, 2011). Neste, foi gerado um arquivo com a matriz das coordenadas brutas de forma organizada para importar aos programas PAST (Hammer *et al.*, 2001) e Statistica v. 8.0 (Statsoft, 2008), nos quais foram feitas todas as análises de Morfometria Geométrica.

Primeiramente, foi feita a análise de Procrustes a partir das coordenadas brutas dos espécimes. A superposição de Procrustes (Rohlf & Slice, 1990) é também chamada de superposição ortogonal dos quadrados mínimos, ou análise generalizada de Procrustes (do inglês *Generalized Procrustes Analysis* – GPA). Esta faz a translação, o reescalonamento e a rotação da configuração de *landmarks*, a fim de diminuir a diferença existente entre as configurações, permitindo a verificação da real diferença entre as mesmas, removendo os efeitos de posição e tamanho. Nesta técnica, todos os indivíduos são superpostos a uma configuração de

referência, também conhecida como configuração consenso ou média da amostra (Monteiro & Reis, 1999). A configuração de referência refere-se à posição mais equidistante de todas as configurações da amostra, fazendo com que a diferenciação de forma verificada seja a menor possível (Moraes, 2004). Assim, a análise de Procrustes permite analisar os componentes de tamanho e forma de uma estrutura, separadamente.

De acordo com Bookstein (1997), quando se analisa um conjunto de dados contendo *landmarks* e *semilandmarks*, sugere-se uma etapa chamada "*sliding* dos *semilandmarks"*, como uma maneira de ajustá-los de modo a lidar com *landmarks* e *semilandmarks* como equivalentes. Esta etapa seria necessária para minimizar potenciais desvios gerados pela presença dos *semilandmarks* na análise (Bookstein, 1997; Gunz *et al.*, 2005). Entretanto, MacLeod (2013) afirmou que esta etapa é desnecessária. Segundo este autor, ao colocar os *semilandmarks* ajustados fora da estrutura morfológica original, o método de *sliding* seria igualmente desprovido de homologia e, portanto, dispensável. No presente estudo, análises prévias foram feitas com e sem o "*sliding* dos *semilandmarks"*, nos quais, de fato, não foram observadas discrepências entre uma e outra. Assim, optamos por realizar as análises usando as coordenadas de Procrustes sem efetuar o *sliding* dos *semilandmarks*.

As amostras totais durante cada análise para as diferentes vistas foram inspecionadas para *outliers* (valores discrepantes). Para isso, os gráficos de dispersão da análise dos componentes principais (descrita em detalhes adiante) foram inspecionados para possíveis indivíduos separados dos principais grupos de dispersão (Viscosi & Cardini, 2011).

4.4.2 Análises estatísticas

Após as análises preliminares, foram realizadas a Análise de Componentes Principais (do inglês *Principal Component Analysis* - PCA) e Análise de Variáveis Canônicas (do inglês *Canonical Variate Analysis* - CVA), utilizando a matriz com as

coordenadas de Procrustes para ordenação e distinção dos diferentes grupos, respectivamente.

Na PCA, as variáveis originais com o mesmo sentido de variação são reunidas em variáveis derivadas denominadas Componentes Principais (do Inglês, *Principal Components* – PCs), que são independentes entre si. O objetivo desta análise é facilitar a interpretação dos dados utilizando poucos PCs, o que simplifica a variação que deve ser explorada (Zelditch *et al.*, 2004). Os PCs representam os eixos de maior variação no espaço de forma, os quais normalmente não são os mesmos eixos utilizados para representar os dados inicialmente. Os espécimes podem ser interpretados como uma nuvem de pontos em um espaço multivariado (Viscosi & Cardini, 2011). Sendo assim, a análise dos PCs também facilita a visualização do conjunto de dados e a investigação de padrões entre eles, quando estes estão presentes (Sydney, 2010). Os valores utilizados são aqueles encontrados ao longo de cada um dos eixos e representam a projeção de cada indivíduo em determinado PC (Monteiro & Reis, 1999). A PCA não é por si só um teste estatístico de significância.

Neste estudo, a PCA foi realizada para observar a ordenação dos espécimes de acordo com variações morfológicas no crânio de *T. truncatus* em diferentes regiões oceânicas, considerando principalmente sua ampla distribuição na costa Atlântica da América do Sul, e entre as que seriam as espécies *T. truncatus* e *T. gephyreus*, também na América do Sul. Para esta última, as análises limitaram-se à PCA e Análise de Função Discriminante (do inglês *Discriminant Function Analysis* – DFA), para verificar diferenças estatisticamente significativas, entre essas duas espécies. A DFA é uma análise equivalente ao CVA, para dois grupos.

Observando-se a tendência da formação de grupos relativos a diferenciações entre as localidades geográficas (transoceânico e costa Atlântica da América do Sul) na PCA, foi rodada uma CVA utilizando a matriz contendo as coordenadas de Procrustes. Com isso, objetivou-se verificar a separação entre os grupos observados e estabelecidos *a priori*.

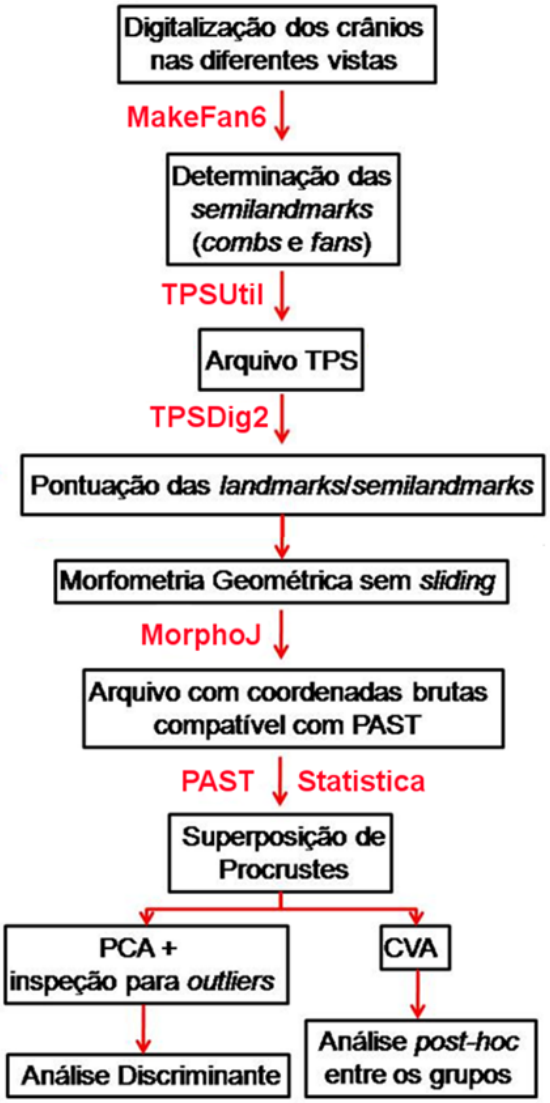
Este tipo de análise fornece uma descrição das diferenças entre grupos especificados *a priori*, em um conjunto de dados multivariados (*e.g.*, escores dos PCs e Coordenadas de Procrustes) (Monteiro & Reis, 1999; Webster & Sheets, 2010). A especificação dos grupos depende essencialmente do delineamento do

problema biológico (Monteiro & Reis, 1999), neste caso, populações da espécie *T. truncatus*, tendo em vista sua ampla distribuição.

Em uma comparação feita por Webster & Sheets (2010), a Análise de Variáveis Canônicas é, de maneira superficial, similar à Análise de Componentes Principais, no que diz respeito, por exemplo, à construção de novos eixos e ordenação dos espécimes analisados ao longo desses novos eixos. Entretanto, cada uma das variáveis canônicas está orientada (sob as restrições de ortogonalidade) para resumir as diferenças máximas entre os grupos analisados. Portanto, a CVA difere fundamentalmente da PCA no que diz respeito a assumir que os espécimes pertencem a grupos pré-definidos e posteriormente testar o quão bem os dados (*e.g.*, forma) podem ser usados para sustentar tal atribuição (Webster & Sheets, 2010). Além disso, as CVs são dimensionadas (escalonadas) de acordo com os padrões de variação dentro dos grupos, não por simples rotações do sistema de coordenadas original: a distância entre os espécimes (ou grupos) no espaço de forma definido pelas CVs não são necessariamente iguais a distância entre aqueles mesmos espécimes (ou grupos) no espaço de forma definido pelos eixos originais (*e.g.*, escores dos PCs e Coordenadas de Procrustes) (Webster & Sheets, 2010). Portanto, a CVA também difere da PCA na medida em que resume de forma eficiente a descrição das diferenças entre os grupos em relação à variação dentro do grupo, independentemente de como isso se relaciona com variações entre todas as amostras (Webster & Sheets, 2010).

Na CVA, o *lambda* de Wilk é usado para determinar o quanto as CVs são estatisticamente distintas entre si (Webster & Sheets, 2010). Se as diferenças entre uma ou mais CVs são representativas, isto significa que, pelo menos, alguns dos grupos analisados podem ser distinguidos naquelas CVs. Isso não quer dizer, necessariamente, que todos os grupos da análise podem ser distinguidos e nem revela entre quais grupos há distinção. Então, para verificar onde estão tais diferenças, quando estas existem, entre todos os grupos analisados, foi feito um teste *post-hoc* de Hotelling a partir da distância multivariada de Mahalanobis. As etapas de toda a análise, com o programa utilizado para cada uma delas, estão resumidas na **Figura 9**.

Figura 9 – Organograma das etapas feitas na análise de Morfometria Geométrica antes da visualização da forma.



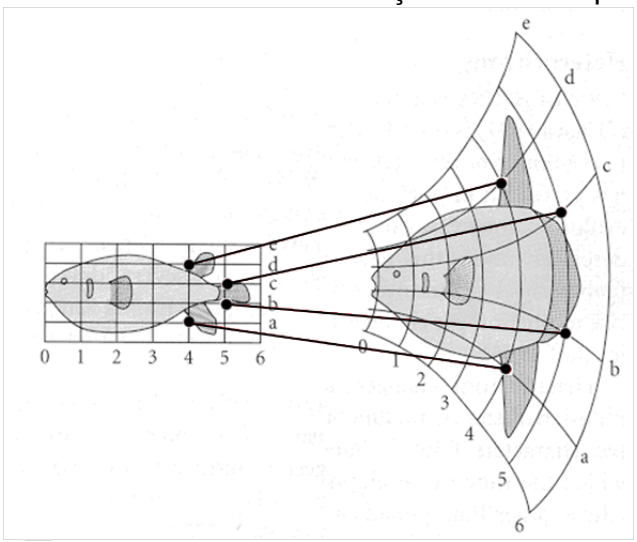
4.4.3 Visualização das variações de forma

As variações na forma entre grupos são obtidas ao longo dos principais eixos de variação entre eles (*e.g.*, ao longo de vetores como PC1, PC2, ou vetores obtidos de regressões multivariadas, como CV1, CV2) (Viscosi & Cardini, 2011). Em estudos como os de Amaral *et al*. (2009) e Webster & Sheets (2010), as variações na forma foram obtidas, tanto ao longo dos PCs, quanto ao longo das CVs, que expressaram

maior variação. Webster & Sheets (2010) verificaram uma grande similaridade entre as deformações obtidas a partir das CVs (CV1, CV2 e CV3) e dos PCs (PC1, PC2 e PC3). Assim como, observando os gradis de deformações obtidos a partir das CVs e dos PCs, no trabalho de Amaral *et al*. (2009), verificou-se um leve exagero das deformações nas CVs em relação aos PCs, porém estas possuem notória correspondência, preservando seus padrões gerais. O mesmo foi observado no presente estudo para as variações de forma visualizadas tanto ao longo dos PCs, quanto das CVs. Sendo assim, as variações na forma foram descritas com base nos eixos das variáveis canônicas.

As variações de forma podem ser representadas por diferentes diagramas. O gradil de deformação, *Thin-Plate Spline* (Bookstein, 1991), é um dos mais efetivos, comumente utilizado como visualização de forma (Viscosi & Cardini, 2011). Este foi baseado nos gradis de transformação de Thompson (1917). A ideia de D'Arcy Thompson foi descrever variações de forma por superposição de um gradil retilíneo em direção a uma forma inicial e depois utilizar transformações matemáticas deformando este gradil para coincidir com um alvo (**Figura 10**).

Figura 10 – Gradis de transformações de Thompson (1917).



No *Thin-Plate Spline*, interpreta-se que uma forma foi impressa em uma folha de plástico rígida e transparente (juntamente com um gradil), sendo posteriormente manipulada por torções, de modo que sua "sombra" assuma as posições dos *landmarks* determinadas para uma segunda forma (Zelditch *et al.*, 1992). O método *Thin-Plate Spline* utiliza uma função de interpolação para produzir deformações

suaves (Viscosi & Cardini, 2011). As deformações são obtidas a partir da minimização da curvatura da folha, na qual os *landmarks*, em sua configuração inicial, são colocados e manipulados até atingir a configuração alvo. Vetores de coeficientes são produzidos como resultado desta operação, os quais podem ser utilizados para prever como as linhas de grade podem mudar devido à deformação. Assim, as diferenças relativas entre duas espécies podem ser visualizadas, também, usando o deslocamento dos vetores. Esse deslocamento é representado por setas ou linhas partindo dos *landmarks*, que representam a configuração inicial, até o que seria a forma alvo (Viscosi & Cardini, 2011).

Finalmente, outra maneira de visualizar as variações de forma são as linhas de conexão entre *landmarks* (do Inglês, *wireframes*). Estes são obtidos conectando-se linhas entre pares de *landmarks*, que representam a forma inicial, e linhas que conectam as extremidades dos vetores de deslocamento (Klingenberg, 2011).

No presente estudo, as variações das formas foram visualizadas através das linhas de conexão entre pares de *landmarks* e pelos gradis de deformações gerados pelo *Thin-Plate Spline*, associados a um sistema de cores chamado de Fatores de Expansão de Jacobian. Estes fatores, através de um degradê de cores, medem o grau de expansão ou contração local no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro à azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações (Viscosi & Cardini, 2011).

5 **RESULTADOS**

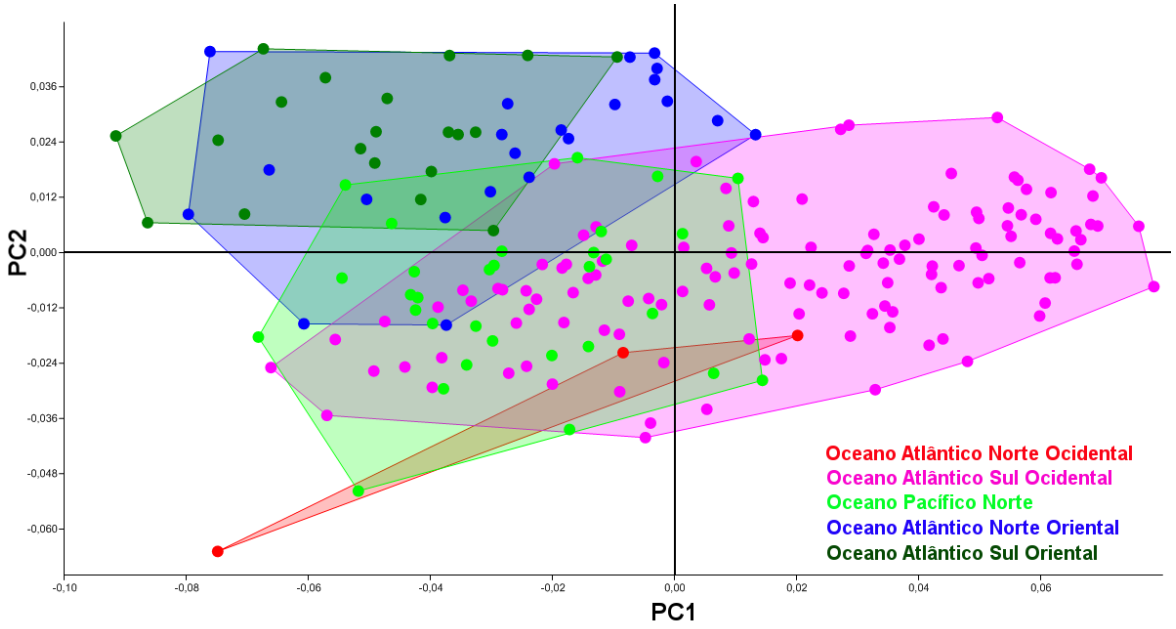
5.1 **Vista dorsal do crânio**

5.1.1 Variações morfológicas transoceânicas

Foram analisados cinco dos seis grupos de Natoli *et al.* (2004): Atlântico Sul Ocidental (N = 128); Pacífico Norte Oriental (N = 31); Atlântico Norte Oriental (N = 22); Atlântico Sul Oriental (N = 20); e Atlântico Norte Ocidental (N = 3).

Na PCA, o eixo representado pelo PC1 explicou 52,74% da variação da forma e o PC2 explicou 12,26%, totalizando 65% da variação. De acordo com o gráfico de dispersão da PCA dos dois principais eixos de variação (PC1 e PC2), é possível observar uma tendência de ordenação dos grupos, apesar de visível sobreposição dos indivíduos (**Figura 11**).

Figura 11 – Gráfico de dispersão da PCA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação, PC1 e PC2, entre os grupos.

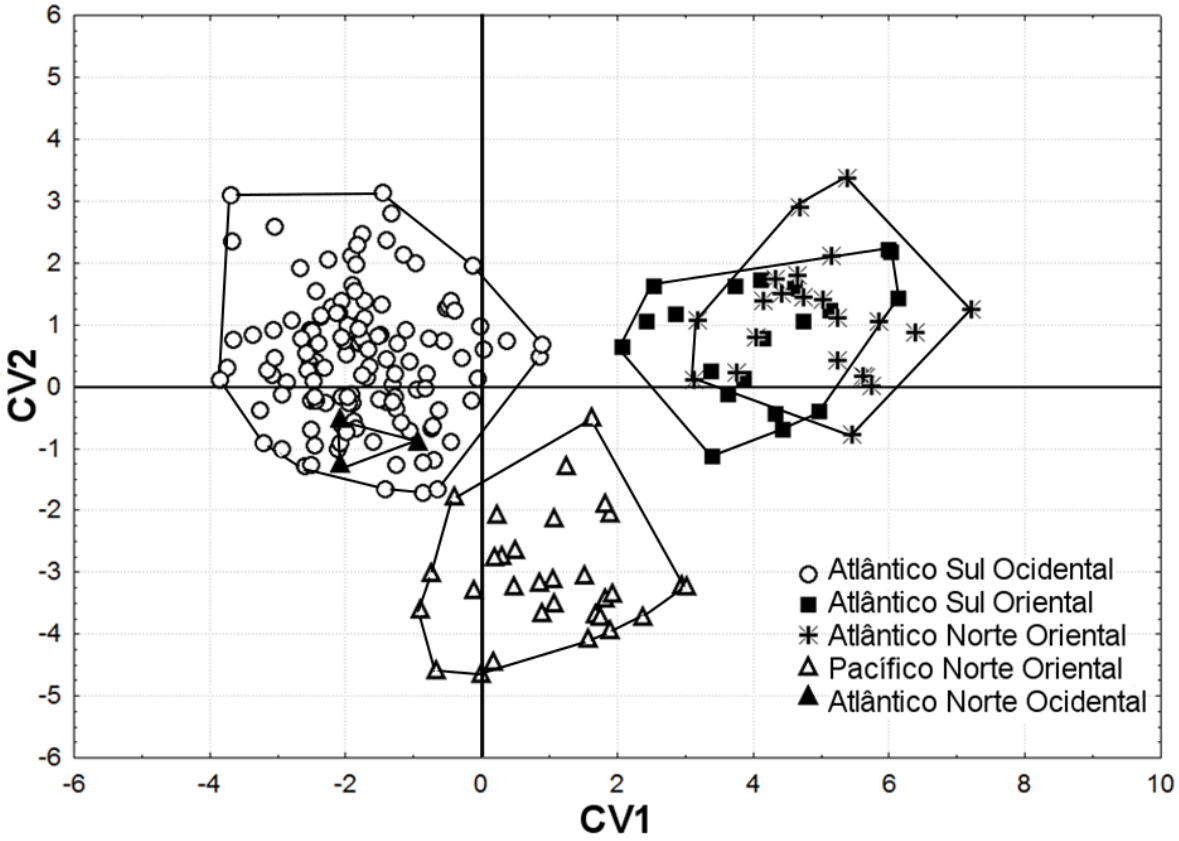


A CVA produziu quatro raízes canônicas, que permitiram a diferenciação dos grupos previamente estabelecidos. O eixo representado pela CV1 explicou 66,15% da variação da forma e a CV2 explicou 17,61%, totalizando 83,76% da variação. Diferenças significativas foram observadas entre os grupos (Lambda de Wilk = 0,01509; $F_{136, 667}$ = 9,1651, P< 0,0001).

O teste *post-hoc* de Hotelling, sobre o quadrado das distâncias de Mahalanobis no espaço multivariado, indicou diferenças significativas entre todos os grupos analisados para a vista dorsal do crânio. Os valores estatísticos estão sumarizados no **Apêndice D**.

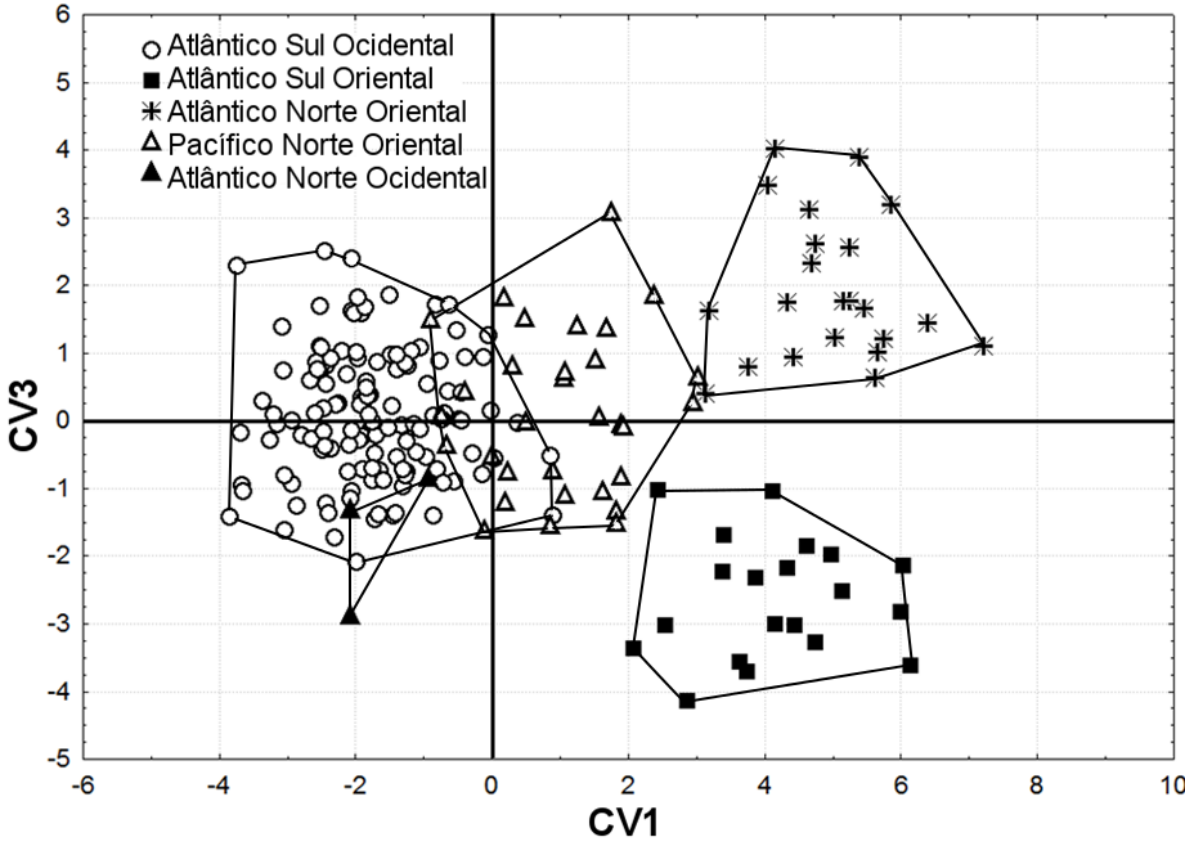
Observando o gráfico de dispersão da CVA dos dois principais eixos de variação (CV1 e CV2), verificou-se que há uma clara distinção entre os espécimes que ocupam o Oceano Atlântico Ocidental e os que ocupam o Oceano Atlântico Oriental, denotando uma forte componente longitudinal geográfica no CV1. Os espécimes do Pacífico Norte Oriental ocupam uma posição intermediária entre estes dois. Já no eixo CV2, há uma forte componente oceânica, em que os indivíduos do Pacífico Norte Oriental estão claramente ocupando a porção negativa deste eixo (**Figura 12**).

Figura 12 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação, CV1 e CV2, entre os grupos.



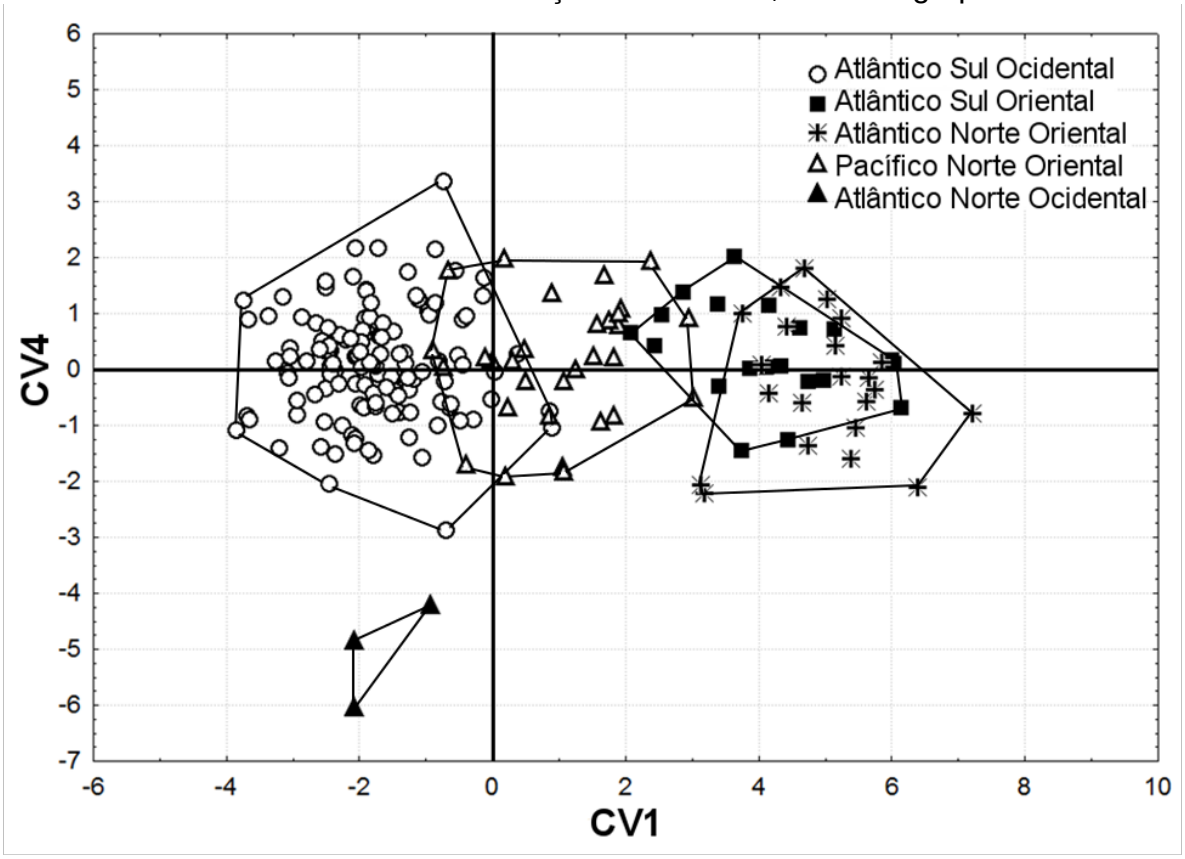
Observando o gráfico de dispersão da CVA que possuem eixos representativos do CV1 e CV3, verifica-se uma nítida separação entre os indivíduos do Atlântico Norte Oriental e os indivíduos do Atlântico Sul Oriental em relação ao CV3. Neste, os espécimes do Atlântico Norte Oriental possuem escores positivos, enquanto os do Atlântico Sul Oriental possuem escores negativos. Sendo assim, as variações cranianas relacionadas ao CV3 evidenciam as diferenças existentes entre dois extremos latitudinais relacionados à porção oriental do Oceano Atlântico (**Figura 13**).

Figura 13 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os eixos de variação CV1 e CV3, entre os grupos.



Por outro lado, no gráfico de dispersão da CVA em que os eixos cartesianos representam o CV1 e o CV4, os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental separam-se claramente no CV4 dos demais grupos, inclusive dos indivíduos que representam o Atlântico Sul Ocidental. Neste, os espécimes do Atlântico Norte Ocidental possuem escores negativos e os demais possuem escores positivos e negativos, estando próximo do que seria a forma média para o CV4. Dessa maneira, as variações cranianas relacionadas ao CV4 evidenciam as diferenças existentes entre os indivíduos relacionados à porção ocidental do Oceano Atlântico (**Figura 14**).

Figura 14 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista dorsal, mostrando os eixos de variação CV1 e CV4, entre os grupos.



Deformações ao longo do CV1 - Na porção positiva do eixo cartesiano que corresponde ao CV1 está grande parte dos indivíduos do Oceano Pacífico Norte Oriental, mas principalmente concentrados os indivíduos do Oceano Atlântico Oriental representados ao Norte por espécimes do Reino Unido e ao Sul por espécimes da costa atlântica da África do Sul e Namíbia.

Estes indivíduos estão tendendo a uma forma de crânio onde o rostro é curto e robusto (vetorização em direção posterior do *landmark* 1, juntamente com o afastamento do eixo medial e em direção posterior dos *landmarks* 2, 3, 4, 12, 13 e 14); o neurocrânio possui um aspecto robusto com cristas temporais marcadamente pronunciadas em direção posterior (vetorização em direção póstero-lateral dos *landmarks* 6 e 10, em direção posterior dos *landmarks* 7 e 9, e a *landmark* 8 sem vetorização perceptível); a região posterior do neurocrânio, entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital é espessa; a abertura do orifício nasal é reduzida anteroposteriormente (alinhamento dos *landmarks* 17, 18 e 19 faz com que a borda

posterior do orifício nasal fique retificada) e localizada sobre eixo medial em posição anterior do neurocrânio (marcada vetorização em direção anterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21); as pré-maxilas são curtas em relação à forma média (vetorização em direção posterior do *landmark* 1 e em direção anterior dos *landmarks* 15 e 16); a pré-maxila direita é mais alongada do que a esquerda, com sua extremidade localizada posteriormente ao orifício nasal, enquanto a extremidade posterior da maxila esquerda está paralela à borda posterior do orifício nasal (**Figura 15**).

Na porção negativa do eixo cartesiano correspondente ao CV1 estão concentrados os indivíduos do Oceano Atlântico Ocidental, que estão representados ao Norte por espécimes da Flórida/Golfo do México e ao Sul por exemplares da costa Atlântica da América do Sul.

A forma geral do crânio destes animais possui o rostro alongado e afilado (vetorização em direção anterior do *landmark*1, juntamente com a aproximação ao eixo medial do crânio e em direção anterior dos *landmarks* 2, 3, 4, 12, 13 e 14); o neurocrânio possui um aspecto mais delicado e arredondado na região posterior, com cristas temporais curtas levemente aproximadas (vetorização em direção anterior e aproximando-se do eixo medial do crânio, dos *landmarks* 6 e 10, e em direção anterior dos *landmarks* 7 e 9, com discreta vetorização em direção posterior do *landmark* 8); a região posterior do neurocrânio, entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital é estreita; a abertura do orifício nasal é alargada em sentido anteroposterior (marcada vetorização em direção posterior do *landmark* 18, em relação aos *landmarks* 17 e 19, faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada e pronunciada posteriormente) e deslocada levemente para esquerda em relação ao eixo medial do crânio, em posição mais posterior do neurocrânio (marcada vetorização dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21 em direção posterior e levemente desviada para a esquerda do eixo medial do crânio); as pré-maxilas são alongadas em relação à forma média (vetorização em direção anterior do *landmark* 1, e em direção posterior dos *landmarks* 15 e 16); a extremidade posterior da pré-maxila direita está localizada anteriormente à borda posterior do orifício nasal; a extremidade posterior da pré-maxila esquerda está ainda mais anterior à borda posterior do orifício nasal (**Figura 15**).

Resumo da descrição da forma – Em suma, numa visão longitudinal geográfica, os indivíduos do Oceano Atlântico Oriental tendem a possuir a forma do crânio com

rostro mais curto e robusto e o neurocrânio robusto, principalmente lateralmente, com cristas temporais marcadamente pronunciadas; a região entre o orifício nasal e a borda posterior do neurocrânio é espessa; o orifício nasal está localizado em posição anterior do neurocrânio e próximo ao eixo medial do crânio. Já os indivíduos do Oceano Atlântico Ocidental possuem o rostro mais alongado e estreito e o neurocrânio com aspecto mais delicado e arredondado, com cristas temporais menos pronunciadas; a região entre o orifício nasal e a borda posterior do neurocrânio é mais estreita; o orifício nasal está localizado em posição posterior do neurocrânio e levemente deslocado para a esquerda da linha medial do crânio. Os indivíduos do Oceano Pacífico Oriental possuem a forma do crânio próximo do que seria a forma média.

Deformações ao longo do CV2 - Na porção positiva do eixo cartesiano que representa o CV2, está localizada a maioria dos indivíduos do Oceano Atlântico.

De uma maneira geral, na morfologia craniana desses indivíduos, a extremidade do rostro está discretamente deslocada para o lado direito do eixo medial do crânio (vetorização do *landmark*1 à direita da linha média do crânio), enquanto o neurocrânio está deslocado para o lado esquerdo (vetorização dos *landmarks* 5, 6, 7, 8, 9 e 10, em direção ao lado esquerdo da linha média do crânio); o rostro é alongado e afilado, principalmente no lado direito do crânio (vetorização em direção anterior do *landmark* 1, afastamento do eixo medial do crânio e em direção anterior dos *landmarks* 2, 3 e 4, e em direção anterior dos *landmarks* 12, 13 e 14); o lado direito do neurocrânio é mais estreito (vetorização dos *landmarks* 5, 6, 7, 8 e 9 - borda póstero-lateral do neurocrânio - associado com a vetorização dos *landmarks* 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 - extremidade das pré-maxilas e orifício nasal - à direita da linha medial); o lado esquerdo do neurocrânio é mais espesso (vetorização dos *landmarks* 10, 11 e 12, associado ao padrão descrito para os *landmarks* 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21); as pré-maxilas estão deslocadas para a direita da linha medial do crânio; a pré-maxila direita apresenta-se mais alongada do que a pré-maxila esquerda, pois a extremidade posterior da pré-maxila direita (*landmark* 15) está posicionada quase paralela à borda posterior do orifício nasal, enquanto que a extremidade posterior da pré-maxila esquerda (*landmark* 16) encontra-se anteriormente à mesma; o orifício nasal encontra-se deslocado para a direita do eixo medial do crânio e está posicionado na região mais posterior do

neurocrânio (vetorização à direita da linha medial e em direção posterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21, que descrevem o contorno do orifício nasal); a abertura do orifício nasal é espessa (marcada vetorização em direção posterior do *landmark* 18, em relação aos *landmarks* 17 e 19 faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada); a região posterior do neurocrânio entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital é estreita (**Figura 15**).

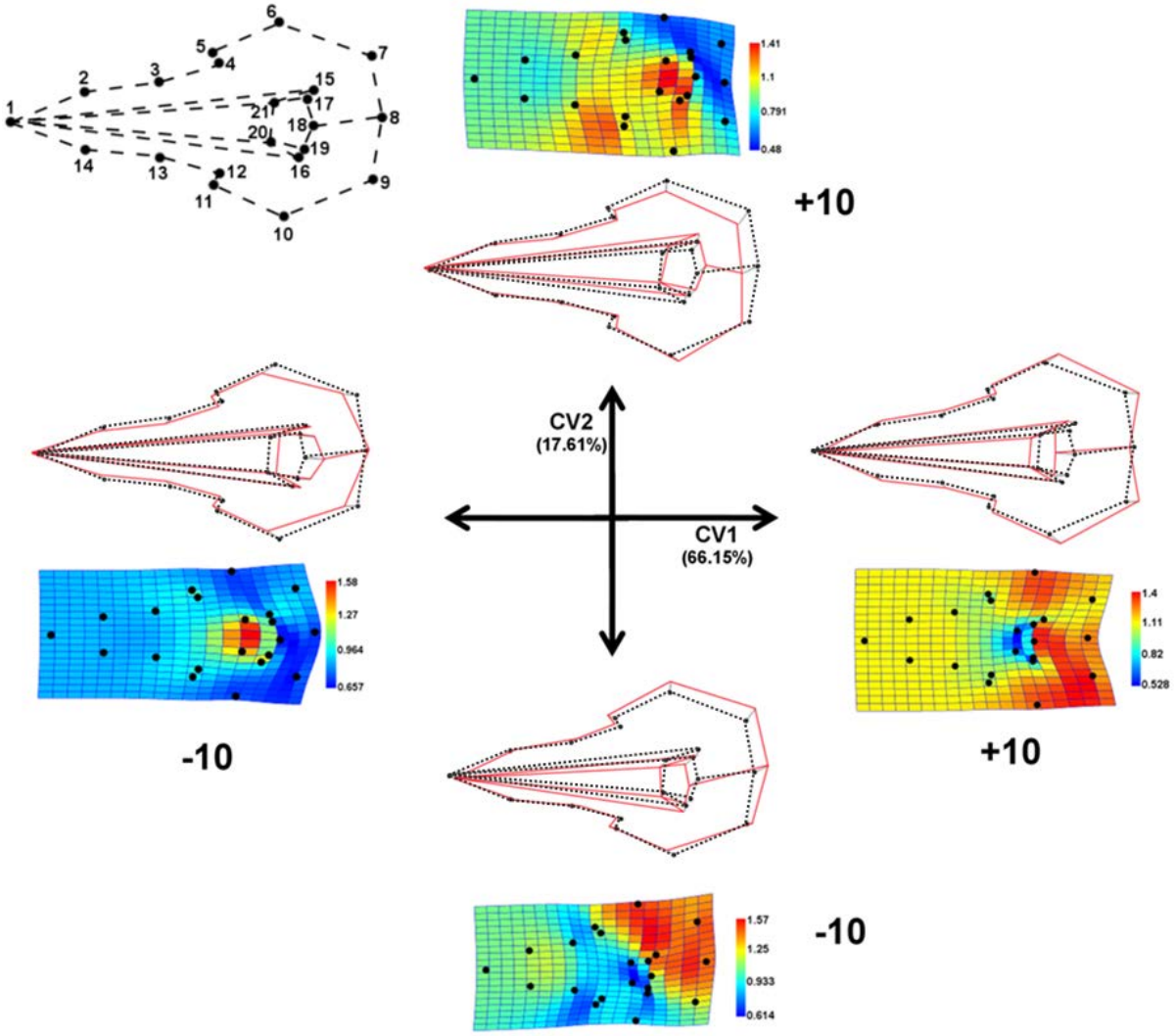
Na porção negativa do eixo do gráfico de dispersão que representa o CV2, estão concentrados os indivíduos do Pacífico Norte Oriental, representados por espécimes da Califórnia e Havaí. Nesta, também estão os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental, representados por espécimes da Flórida/Golfo do México, muito próximos do que seria a forma média para o CV2.

Nos indivíduos que possuem escores negativos para esse CV, a extremidade do rostro está levemente deslocada para o lado esquerdo do eixo medial do crânio (vetorização do *landmark*1 à esquerda da linha média do crânio), enquanto o neurocrânio está deslocado para o lado direito (vetorização dos *landmarks* 5, 6, 7, 8, 9 e 10, em direção ao lado direito da linha média do crânio); o rostro é mais curto e espesso, principalmente no lado direito do crânio (vetorização em direção posterior do *landmark* 1, afastamento do eixo medial e em direção posterior dos *landmarks* 2, 3 e 4, e em direção posterior dos *landmarks* 12, 13 e 14); o lado direito do neurocrânio também sofreu um espessamento (vetorização dos *landmarks* 5, 6, 7, 8 e 9 - borda póstero-lateral do neurocrânio - associado à vetorização dos *landmarks* 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 - extremidade das pré-maxilas e orifício nasal - à esquerda do linha medial), enquanto o lado esquerdo do neurocrânio sofreu um estreitamento (vetorização dos *landmarks* 10, 11 e 12, associado ao padrão descrito para os *landmarks* 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21); as pré-maxilas estão marcadamente deslocadas para a esquerda da linha medial do crânio; a pré-maxila direita apresenta-se mais alongada do que a pré-maxila esquerda, pois a extremidade posterior da pré-maxila direita (*landmark* 15) está posicionada após o orifício nasal, enquanto que a extremidade posterior da pré-maxila esquerda (*landmark* 16) encontra-se quase paralela à borda posterior deste; o orifício nasal está deslocado para a esquerda do eixo medial do crânio e posicionado na região anterior do neurocrânio (vetorização à esquerda da linha medial e em direção anterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21, que descrevem o contorno do orifício nasal); a

abertura do orifício nasal é reduzida anteroposteriormente e látero-lateralmente (alinhamento dos *landmarks* 17, 18 e 19, faz com que a borda posterior do orifício nasal fique retificada); a região posterior do neurocrânio, entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital, é espessa (**Figura 15**).

Resumo da descrição da forma – Os indivíduos do Oceano Atlântico possuem o rostro mais alongado e neurocrânio menos robusto, com o lado direito mais estreito do que o esquerdo; o orifício nasal é mais espesso e está mais deslocado para o lado direito do neurocrânio. Já os do Oceânico Pacífico possuem o rostro mais curto e o neurocrânio mais robusto, com o lado direito mais espesso do que o lado esquerdo; o orifício nasal é mais reduzido e está localizado mais a esquerda do neurocrânio.

Figura 15 – Variações cranianas entre as diferentes regiões oceânicas, em vista dorsal, ao longo dos eixos CV1 e CV2.



Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração dos *landmarks*.

Deformações ao longo do CV3 - O CV3 corresponde, principalmente, a diferenciações morfológicas entre os indivíduos do Atlântico Norte e Sul Oriental. Nos escores positivos do CV3 estão concentrados os indivíduos do Atlântico Norte Oriental representados por espécimes do Reino Unido.

Para esses indivíduos, o rostro e o neurocrânio, na porção anterior ao orifício nasal, possuem um aspecto robusto (afastamento dos *landmarks* 2, 3, 4, 5, 6, 10,

11, 12, 13 e 14, da linha média do crânio); há um marcado afastamento da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (vetorização dos *landmarks* 5 e 11, afastando-se da linha média do crânio); a abertura do orifício nasal é espessa (vetorização em direção posterior do *landmark* 18, em relação aos *landmarks* 17 e 19, faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada), ligeiramente deslocada para o lado esquerdo do crânio, em relação ao eixo medial e localizado em posição mais posterior do neurocrânio (discreta vetorização à esquerda da linha medial e em direção posterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21, que descrevem o contorno do orifício nasal); há um estreitamento da região posterior do neurocrânio entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital, que se encontra mais anterior à forma média (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 7, 8 e 9); há, também, um estreitamento da porção do neurocrânio posterior ao orifício nasal, envolvendo os ossos parietais e cristas temporais (marcada vetorização dos *landmarks* 6, 7, 9 e 10, em direção anterior e aproximação ao eixo medial do crânio); as pré-maxilas sofreram um alongamento discreto (vetorização em direção anterior do *landmark* 1 e em direção posterior dos *landmarks* 15 e 16) e suas extremidades encontram-se próximas às bordas laterais ao orifício nasal; a pré-maxila direita apresenta-se mais alongada do que a maxila esquerda, pois a extremidade posterior da pré-maxila direita (*landmark* 15) está posicionada quase paralela à borda posterior do orifício nasal, enquanto que a extremidade posterior da pré-maxila esquerda (*landmark* 16) encontra-se anteriormente a mesma (**Figura 16**).

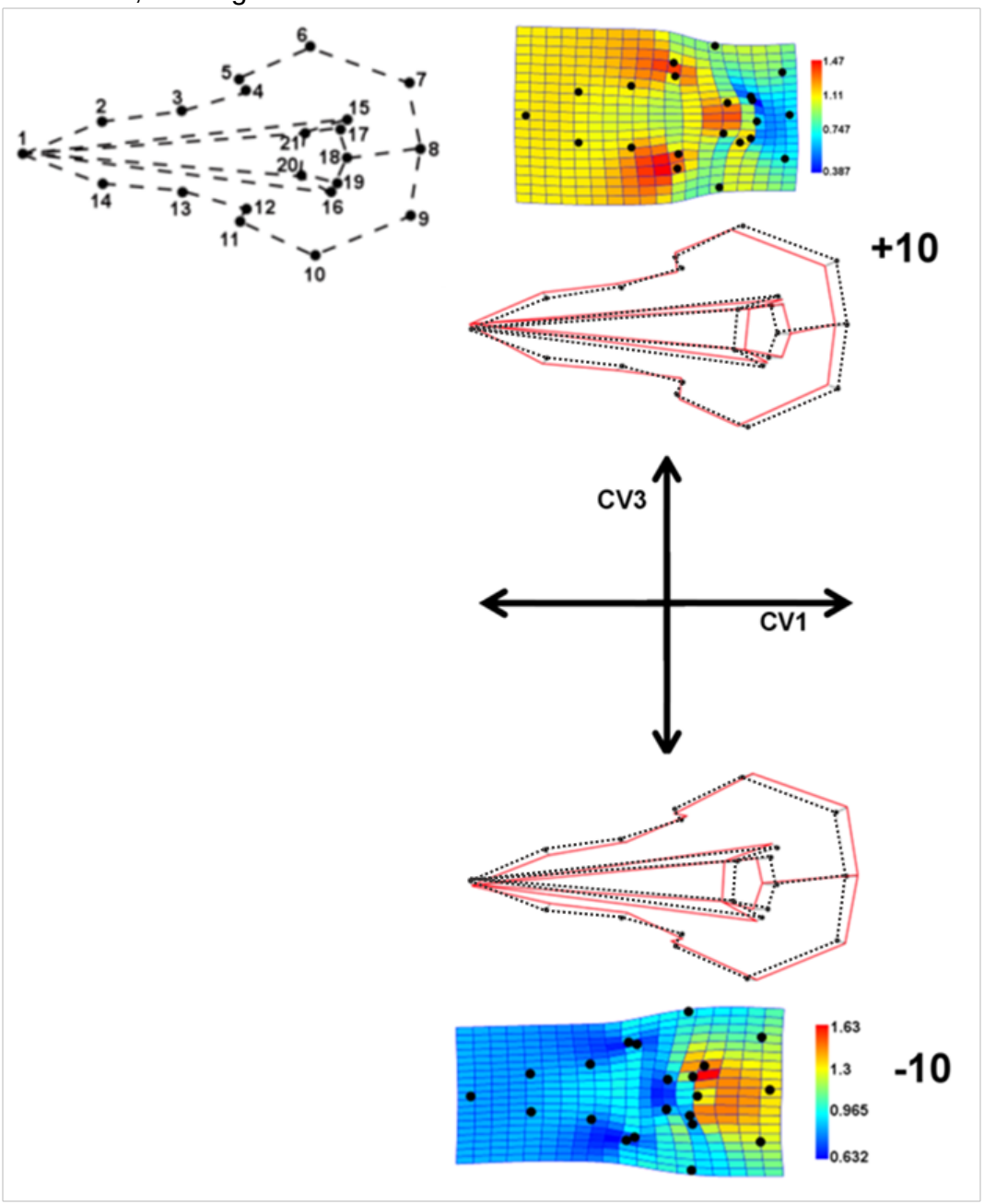
Nos escores negativos do CV3 estão concentrados os indivíduos do Atlântico Sul Oriental representados por espécimes da costa atlântica da África do Sul e Namíbia.

A forma geral do crânio desses animais compreende um rostro e neurocrânio, na porção anterior ao orifício nasal, com aspecto mais delgado, principalmente no lado esquerdo do crânio (aproximação dos *landmarks* 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13 e 14, da linha média do crânio); há uma marcada aproximação da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (vetorização dos *landmarks* 5 e 11, aproximando-se da linha média do crânio); a abertura do orifício nasal é um pouco menos espessa do que a encontrada para escores positivos (discreta vetorização em direção posterior do *landmark* 18, em relação às

landmarks 17 e 19, faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada), mantendo-se quase sob eixo medial e localizada em posição mais anterior do neurocrânio (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21, que descrevem o contorno do orifício nasal); há um espessamento da região posterior do neurocrânio entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital, que se encontra mais posterior à forma média (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 7, 8 e 9); há, também, uma robustez da porção do neurocrânio posterior ao orifício nasal, em relação aos ossos parietais e cristas temporais (marcada vetorização dos *landmarks* 6, 7, 9 e 10, em direção posterior e afastando-se do eixo medial do crânio); as pré-maxilas sofreram um encurtamento discreto (vetorização em direção posterior do *landmark* 1 e em direção anterior dos *landmarks* 15 e 16) e suas extremidades encontram-se afastadas das bordas laterais ao orifício nasal; a pré-maxila direita apresenta-se mais alongada do que a pré-maxila esquerda, pois a extremidade posterior da pré-maxila direita (*landmark* 15) está posicionada após o orifício nasal, enquanto que a extremidade posterior da pré-maxila esquerda (*landmark* 16) encontra-se discretamente posterior ao mesmo (**Figura 16**).

Resumo da descrição da forma – Os indivíduos do Oceano Atlântico Norte Oriental possuem um crânio com o rostro e neurocrânio mais espessos lateralmente e orifício nasal localizado mais posteriormente no neurocrânio. Os indivíduos do Atlântico Sul Oriental possuem um crânio com o rostro mais afilado, com neurocrânio mais robusto na região posterior e orifício nasal localizado na porção mais anterior do neurocrânio.

Figura 16 – Variações cranianas entre as diferentes regiões oceânicas, em vista dorsal, ao longo do eixo CV3.



Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração dos *landmarks*.

Deformações ao longo do CV4 - O eixo cartesiano que representa o CV4 corresponde a diferenciações morfológicas entre os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental, representado por espécimes da Flórida/Golfo do México dos demais grupos que se mantiveram concentrados próximo à forma média para este CV, inclusive os indivíduos do Atlântico Sul Ocidental.

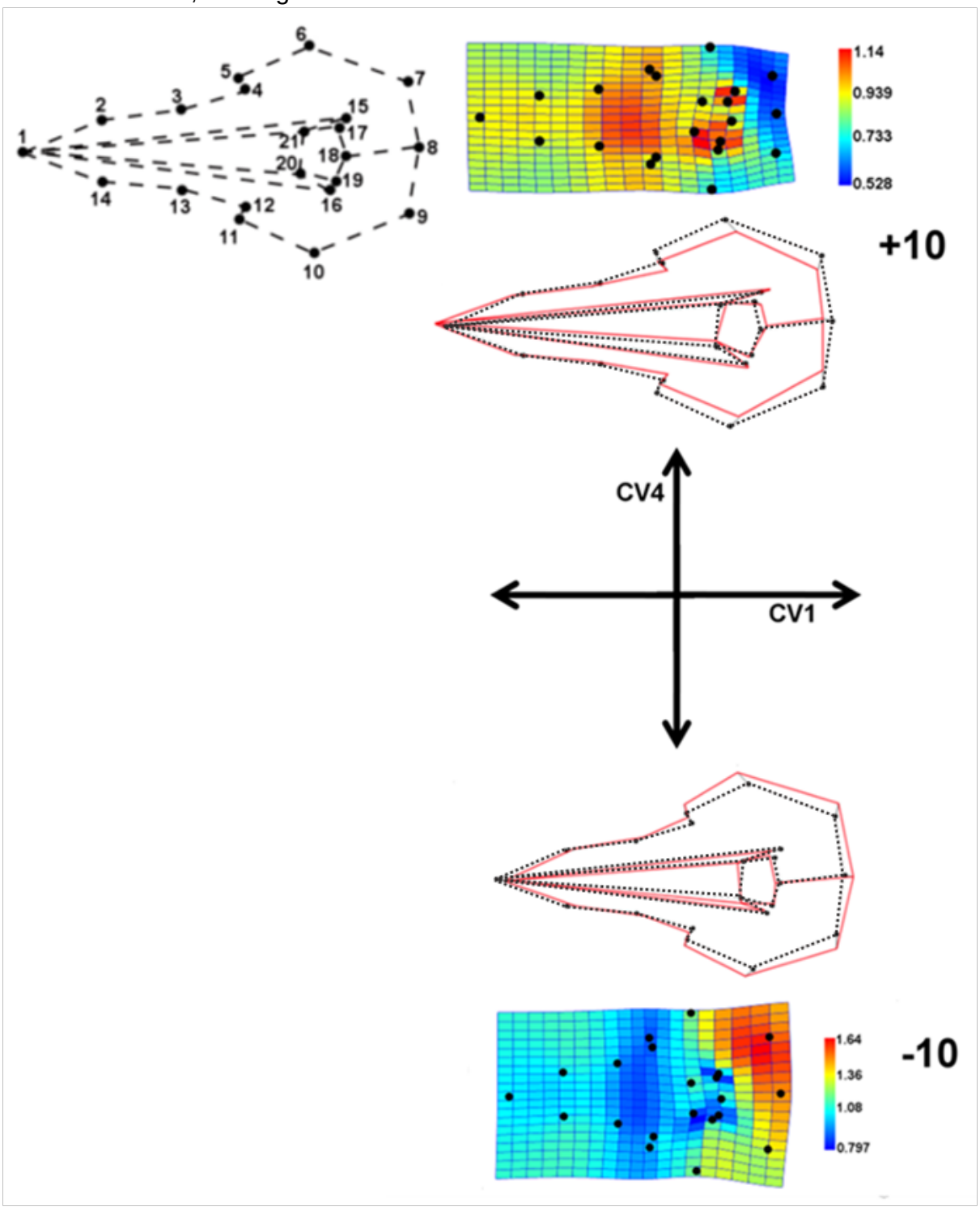
Com escores negativos do CV4, estão os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental. Estes possuem o rostro curto (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 1, 2, 3, 4, 12, 13 e 14); o neurocrânio é marcadamente robusto na porção lateral (vetorização em direção látero-anterior dos *landmarks* 5, 6, 10 e 11; em direção póstero-lateral dos *landmarks* 7 e 9, em direção posterior do *landmark* 8); há um leve afastamento da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (discreto afastamento dos *landmarks* 5 e 11 da linha média do crânio); não há grandes modificações no orifício nasal em relação à forma média, exceto a borda posterior do orifício nasal que está retificada, resultante do alinhamento dos *landmarks* 17, 18 e 19; há um discreto espessamento da região posterior do neurocrânio entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital (vetorização em direção posterior do *landmark* 8); as extremidades das pré-maxilas estão contíguas ao orifício nasal; a pré-maxila direita apresenta-se mais alongada do que a pré-maxila esquerda, pois a extremidade posterior da pré-maxila direita (*landmark* 15) está posicionada quase paralela à borda posterior do orifício nasal, enquanto que a extremidade posterior da pré-maxila esquerda (*landmark* 16) está anteriormente situada a mesma (**Figura 17**).

Os indivíduos que possuem escores positivos no CV4 possuem rostro mais alongado (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 1, 2, 3, 4, 12, 13 e 14); neurocrânio delgado lateralmente (vetorização em direção medial-posterior dos *landmarks* 5, 6, 10 e 11; em direção medial-anterior dos *landmarks* 7 e 9, e em direção anterior da *landmark* 8); há uma leve aproximação da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (discreta aproximação dos *landmarks* 5 e 11 da linha média do crânio); não há grandes modificações no orifício nasal em relação à forma média, exceto a borda posterior do orifício nasal que é mais arredondada (discreta vetorização em direção posterior do *landmark* 18, em relação aos *landmarks* 17 e 19 faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada); há um discreto encurtamento da região posterior

do neurocrânio entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital (vetorização em direção anterior do *landmark* 8); as pré-maxilas mostram um alongamento discreto (vetorização em direção anterior do *landmark* 1, e em direção posterior dos *landmarks* 15 e 16) e suas extremidades encontram-se afastadas das bordas laterais do orifício nasal; a pré-maxila direita apresenta-se mais alongada do que a pré-maxila esquerda, pois a extremidade posterior da pré-maxila direita (*landmark* 15) está posicionada após o orifício nasal, enquanto que a extremidade posterior da pré-maxila esquerda (*landmark* 16) encontra-se quase paralela à borda posterior do mesmo (**Figura 17**).

Resumo da descrição da forma – Os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental destacam-se dos demais grupos por possuir um crânio com rostro curto e um neurocrânio marcadamente robusto, pré-maxilas pouco pronunciadas em relação ao orifício nasal.

Figura 17 – Variações cranianas entre as diferentes regiões oceânicas, em vista dorsal, ao longo do eixo CV4.



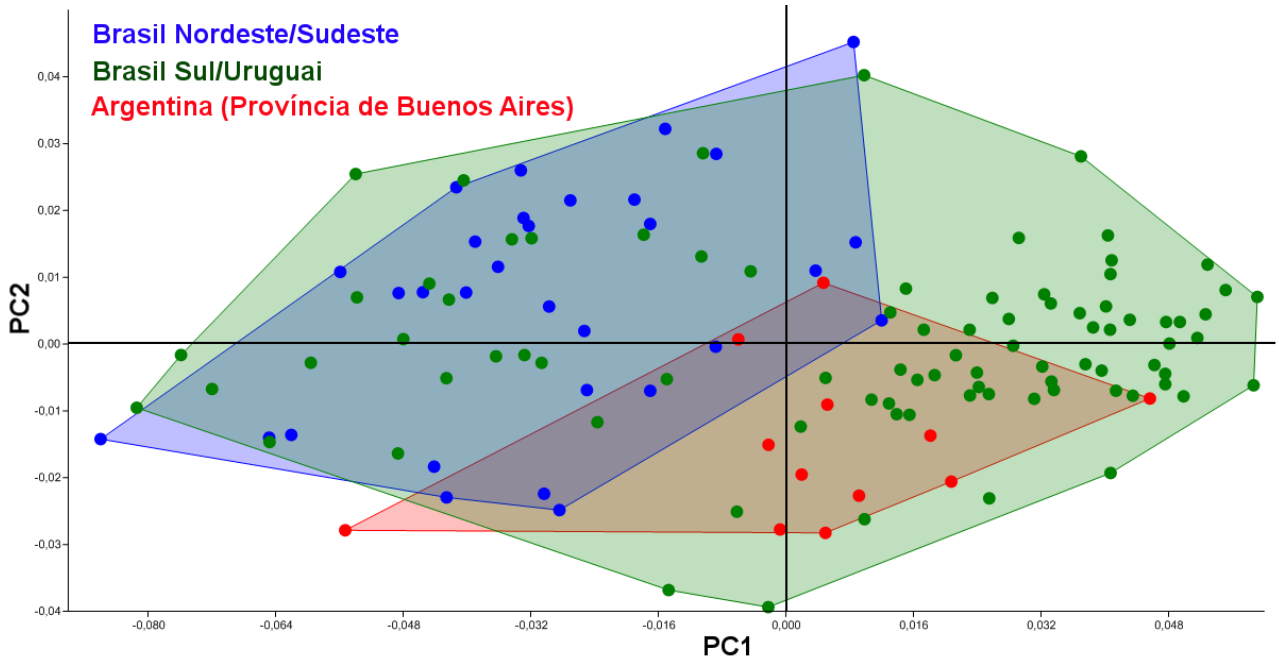
Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração das *landmarks*.

5.1.2 Variações latitudinais no Atlântico Sul Ocidental

Foram analisados três grupos: Brasil Sul/Uruguai (N = 79); Brasil NE/SE (N = 37); e Argentina (Província de Buenos Aires) (N = 12).

Na análise de componentes principais (PCA), o eixo representado pelo PC1 explicou 56,32% da variação da forma, enquanto o PC2 explicou 9,65%, totalizando 65,97% da variação. De acordo com o gráfico de dispersão da PCA, é possível observar uma grande sobreposição nos grupos considerados (**Figura 18**).

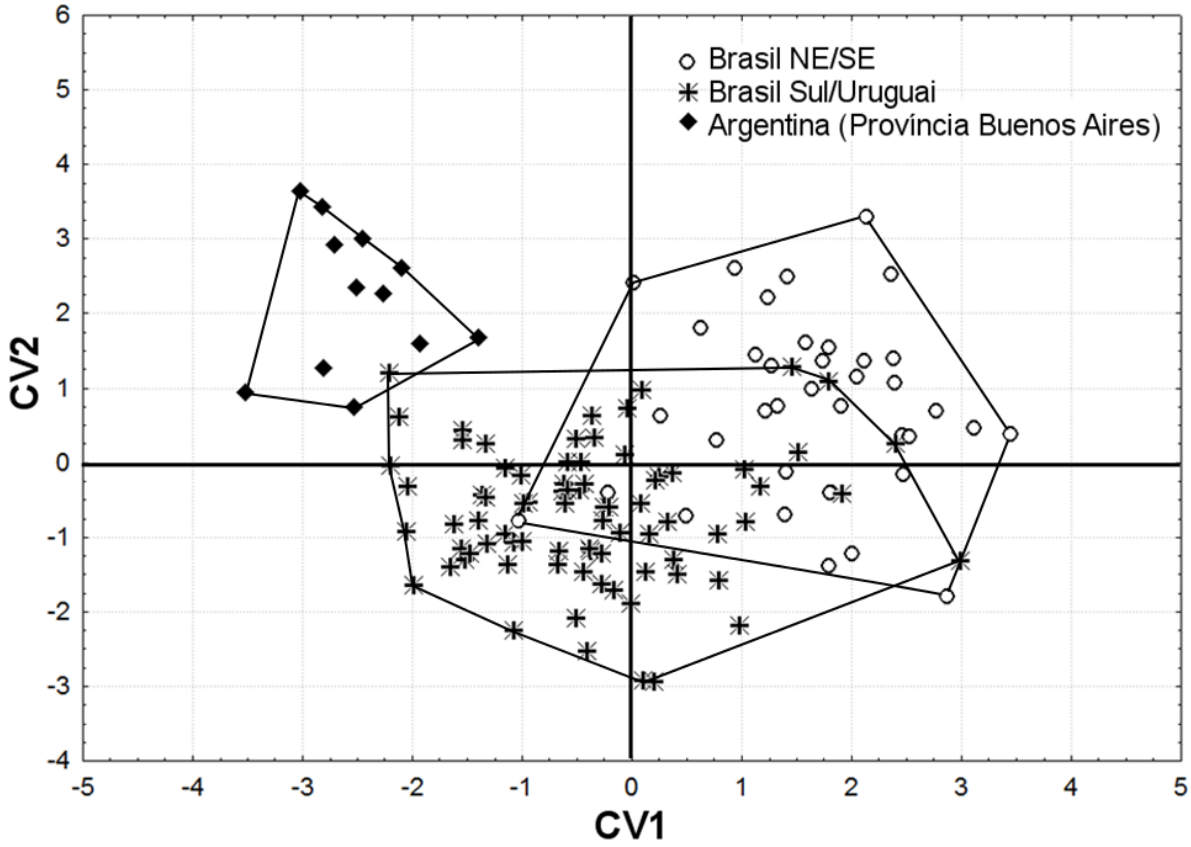
Figura 18 – Gráfico de dispersão da PCA restrita à costa Atlântica da América do Sul para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação, PC1 e PC2, entre os grupos.



A análise das variáveis canônicas (CVA) produziu duas raízes canônicas, que permitiram a diferenciação dos três grupos, mas há uma sobreposeição entre os grupos Brasil NE/SE e Brasil Sul/Uruguai. O eixo representado pelo CV1 explicou 56,93% da variação da forma e o CV2 explicou 43,07%, totalizando 100% da variação. Diferenças significativas foram observadas entre os grupos (Lambda de Wilk = 0,20967; $F_{40, 212} = 6,2746$, $P < 0,0001$).

O teste *post-hoc* de Hotelling, sobre o quadrado das distâncias de Mahalanobis no espaço multivariado, indicou diferenças significativas entre todos os grupos analisados para esta vista dorsal do crânio. Os valores estatísticos estão sumarizados no **Apêndice D** e a distribuição dos grupos dentro do espaço multivariado pode ser visualizada no gráfico de dispersão do CVA dos dois principais eixos de variação (CV1 e CV2) (**Figura 19**).

Figura 19 – Gráfico de dispersão da CVA restrita à costa Atlântica da América do Sul para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação, CV1 e CV2, entre os grupos



Deformações ao longo do CV1 - Os indivíduos do Brasil NE/SE possuem valores de escores positivos no CV1, ocupando principalmente o lado direito do gráfico de dispersão.

No crânio deste grupo de indivíduos, o rostro é curto e afilado (vetorização em direção posterior do *landmark*1, juntamente com a aproximação do eixo medial e em

direção posterior dos *landmarks* 2, 3, 13 e 14); o neurocrânio possui um aspecto robusto e alongado num sentido antero-posterior com cristas temporais e a borda do osso supraoccipital marcadamente pronunciadas em direção posterior (vetorização em direção medial-posterior dos *landmarks* 5, 6, 10 e 11, e em direção posterior dos *landmarks* 7, 8 e 9); a região posterior do neurocrânio, entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital é marcadamente espessa; há uma grande aproximação da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (aproximação dos *landmarks* 5 e 11 da linha média do crânio); a abertura do orifício nasal é semelhante à forma média (discreta vetorização em direção posterior do *landmark* 18, em relação aos *landmarks* 17 e 19, faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada) e está localizada sobre o eixo medial em posição anterior do neurocrânio (marcada vetorização em direção anterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21); a pré-maxila direita é mais alongada do que a esquerda, com sua extremidade proximal localizada posteriormente ao orifício nasal (vetorização em direção posterior do *landmark* 15); a extremidade posterior da pré-maxila esquerda está discretamente anterior à borda posterior do orifício nasal (vetorização em direção anterior do *landmark* 16) (**Figura 20**).

Possuindo escores negativos no CV1, estão concentrados no lado esquerdo do gráfico de dispersão os indivíduos do Brasil Sul/Uruguai e os da Argentina (Província de Buenos Aires).

Para estes, o rostro é alongado e robusto (vetorização em direção anterior do *landmark* 1, juntamente com o afastamento do eixo medial, e em direção anterior dos *landmarks* 2, 3, 13 e 14); neurocrânio possui um aspecto robusto lateralmente e curto num sentido anteroposterior, com cristas temporais reduzidas e mais afastadas uma da outra (afastamento dos *landmarks* 5, 6, 10 e 11, do eixo medial do crânio e em direção anterior dos *landmarks* 7, 8 e 9); região posterior do neurocrânio, entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital, é marcadamente reduzida; há um marcado afastamento da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (afastamento dos *landmarks* 5 e 11 da linha média do crânio); abertura do orifício nasal é semelhante a forma média (discreta vetorização em direção posterior do *landmark* 18 em relação aos *landmarks* 17 e 19 faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada) e está localizada sobre o eixo medial em posição posterior do neurocrânio (marcada vetorização em direção

posterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21); a pré-maxila direita é mais curta do que a esquerda, com sua extremidade proximal localizada anteriormente à borda posterior do orifício nasal (vetorização em direção anterior do *landmark* 15); a extremidade posterior da pré-maxila esquerda está anterior à borda posterior do orifício nasal (vetorização em direção posterior da *landmark* 16) (**Figura 20**).

Deformações ao longo do CV2 - Ao longo do eixo cartesiano positivo do CV2, existe uma nítida separação dos indivíduos da Argentina (Província de Buenos Aires) dos outros dois grupos analisados.

A descrição da forma do crânio desses animais está relacionada com um rostro mais curto (vetorização em direção posterior do *landmark* 1, e em direção posterior dos *landmarks* 2, 3, 13 e 14); neurocrânio possui um aspecto mais robusto e arredondado em sua totalidade (afastamento dos *landmarks* 5, 6, 10 e 11, do eixo medial do crânio, e em direção posterior dos *landmarks* 7, 8 e 9); região posterior do neurocrânio, entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital, é espessa; há uma discreta aproximação da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (aproximação dos *landmarks* 5 e 11, da linha média do crânio); abertura do orifício nasal é semelhante a forma média (vetorização em direção anterior do *landmark* 18 em relação aos *landmarks* 17 e 19, faz com que a borda posterior do orifício nasal fique retificada), com sua borda anterior levemente deslocada para a direita e a posterior levemente deslocada para a esquerda do eixo medial, em posição anterior do neurocrânio (marcada vetorização em direção anterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21); pré-maxilas direita e esquerda possuem tamanho equivalente, com ambas extremidades localizadas quase paralelamente à borda posterior do orifício nasal (discreta vetorização em direção anterior das *landmarks* 15 e 16) e afastadas das bordas laterais do orifício nasal (**Figura 20**).

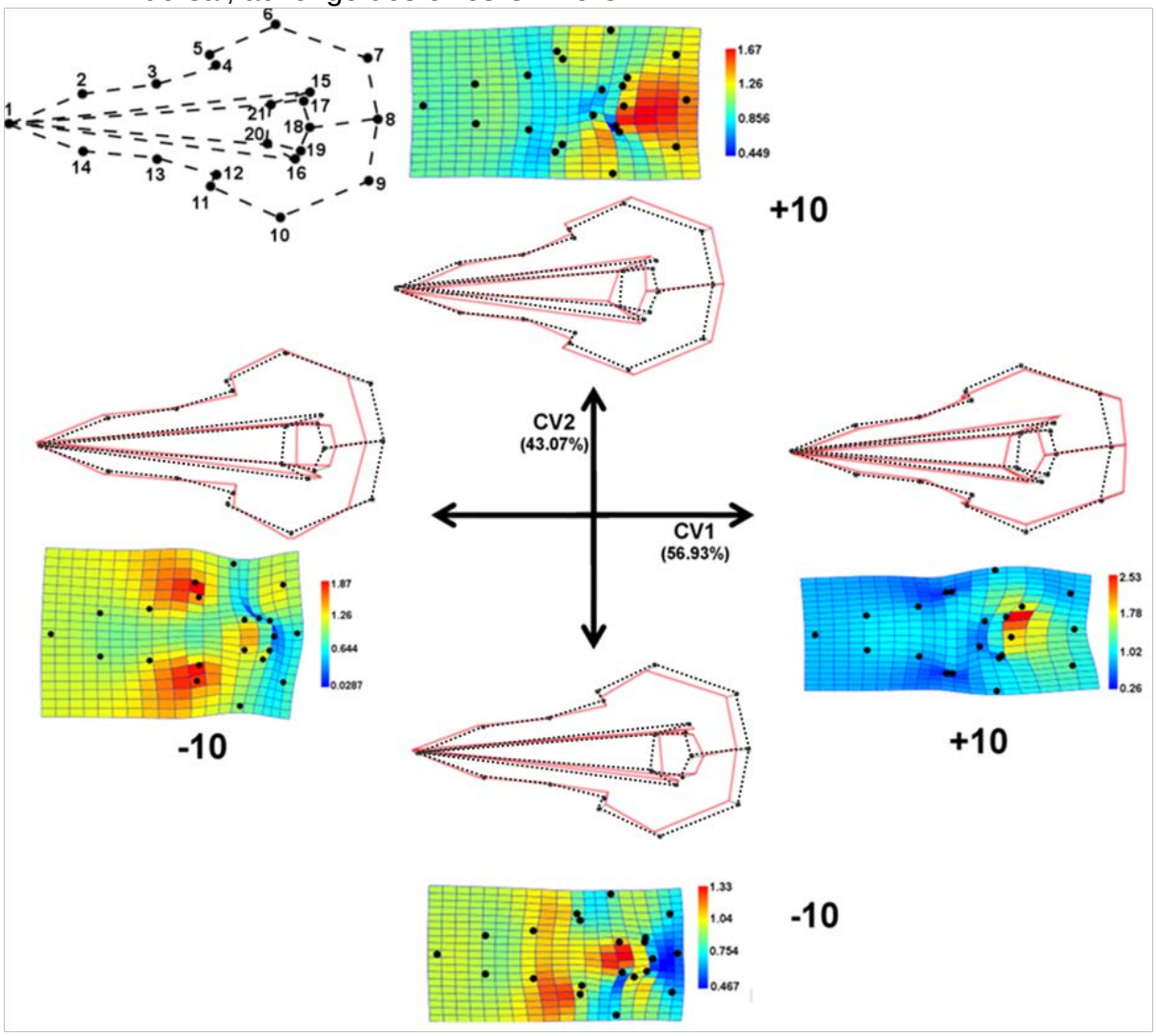
Já a maioria dos indivíduos representantes do Brasil Sul/Uruguai possui escores negativos para o CV2.

De uma maneira geral, o rostro é alongado (vetorização em direção anterior da *landmark* 1 e em direção anterior dos *landmarks* 2, 3, 13 e 14); neurocrânio possui um aspecto delgado em sua totalidade (aproximação dos *landmarks* 5, 6, 10 e 11 do eixo medial do crânio, e em direção anterior dos *landmarks* 7, 8 e 9); região posterior do neurocrânio, entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital é mais delgada; há um discreto afastamento da extremidade anterior da porção da

maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (afastamento dos *landmarks* 5 e 11 da linha média do crânio); abertura do orifício nasal é semelhante à forma média (discreta vetorização em direção posterior do *landmark* 18 em relação aos *landmarks* 17 e 19 faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada) e em posição posterior do neurocrânio (marcada vetorização em direção posterior dos *landmarks* 17, 18, 19, 20 e 21); pré-maxila direita é mais alongada do que a esquerda, com sua extremidade proximal localizada quase paralela à borda posterior do orifício nasal (discreta vetorização em direção posterior do *landmark* 15); a extremidade proximal da pré-maxila esquerda está localizada bem anteriormente à borda posterior do orifício nasal (vetorização em direção anterior do *landmark* 16) (**Figura 20**).

Resumo da descrição da forma – Levando-se em consideração as deformações no CV1 e no CV2, os indivíduos do Brasil NE/SE possuem o crânio com o rostro curto e neurocrânio robusto, alongado na parte posterior. A pré-maxila direita é mais alongada do que a esquerda e sua extremidade proximal está localizada após a borda posterior do orifício nasal, que está posicionado mais anteriormente no neurocrânio. Os indivíduos do Brasil Sul/Uruguai possuem o crânio com rostro alongado e neurocrânio menos robusto, mais achatado na parte posterior. A pré-maxila direita é um pouco mais alongada do que a esquerda e sua extremidade proximal está localizada antes da borda posterior do orifício nasal, que está localizado na parte posterior do neurocrânio. Já os indivíduos da Argentina (Província de Buenos Aires) possuem o crânio com o rostro curto, neurocrânio robusto lateralmente e a região entre o orifício nasal e a borda posterior do crânio é curta em relação a todos os outros, porém mais espessa em relação aos do Brasil Sul/Uruguai. As extremidades proximais das pré-maxilas estão localizadas quase paralelamente à borda posterior do orifício nasal, que está posicionado na parte anterior do neurocrânio.

Figura 20 – Variações cranianas na costa Atlântica da América do Sul, em vista dorsal, ao longo dos eixos CV1 e CV2.



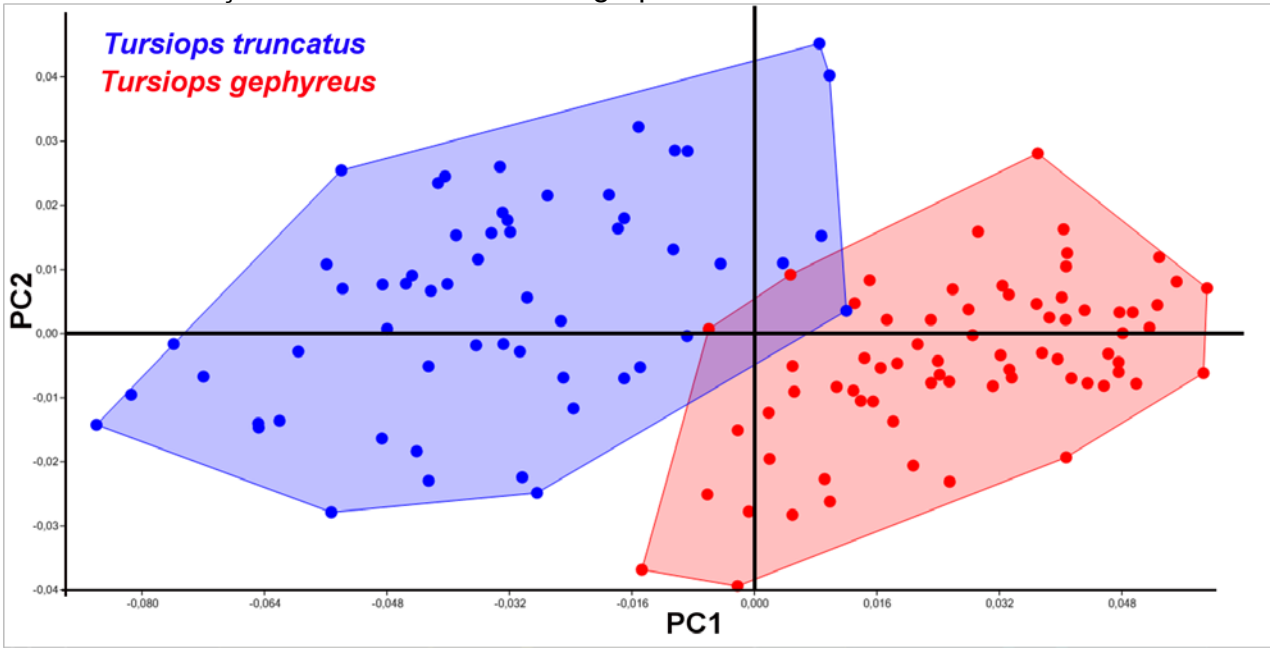
Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração das *landmarks*.

5.1.3 Variações interespecíficas no Atlântico Sul Ocidental

Foram analisados dois grupos: *Tursiops truncatus* (N = 57); *Tursiops gephyreus* (N = 72), determinados de acordo com os critérios de classificação de Wickert (2010).

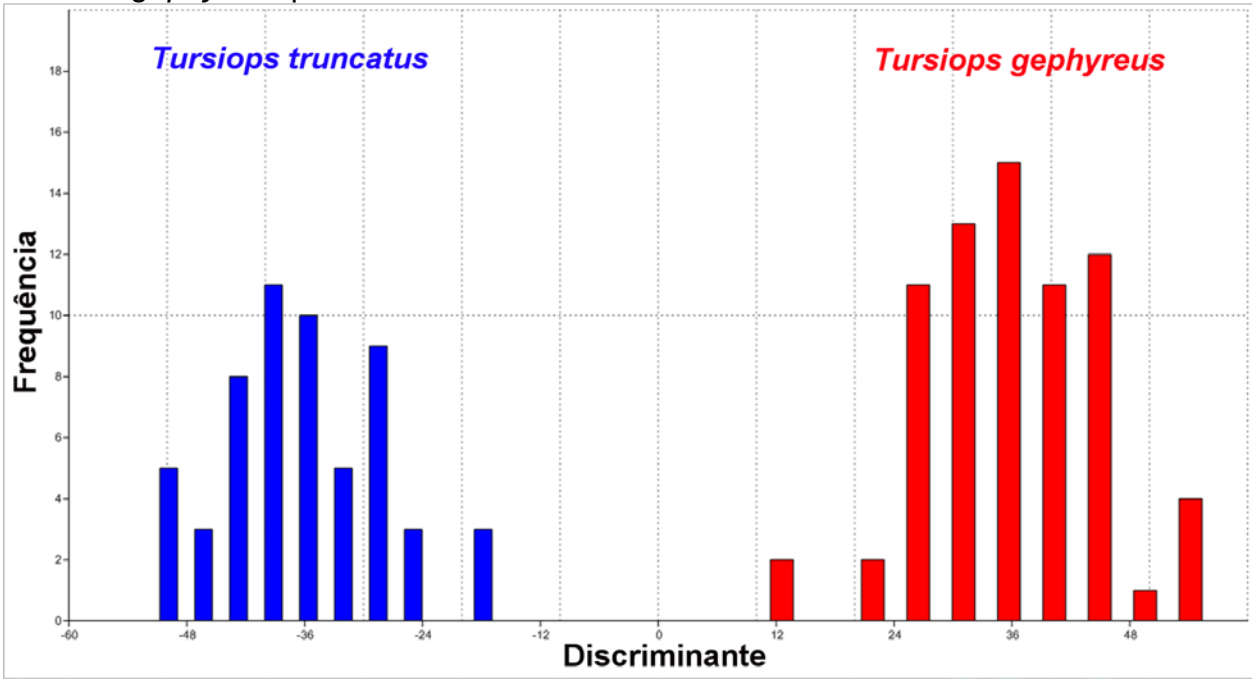
A análise dos componentes principais (PCA) produziu dois eixos de diferenciação entre os grupos. O eixo representado pelo PC1 explicou 56,32% da variação da forma e o PC2 explicou 9,65%, totalizando 65,97% da variação. O gráfico de dispersão do PCA indica uma clara separação entre os indivíduos identificados como *Tursiops gephyreus*, ocupando o lado positivo do PC1, e os identificados como *Tursiops truncatus*, ocupando o lado negativo do PC1 (**Figura 21**).

Figura 21 – Gráfico de dispersão da PCA interespecífica de *T. truncatus* e *T. gephyreus* para a vista dorsal, mostrando os dois principais eixos de variação, PC1 e PC2, entre os grupos.



A análise de função discriminante (DFA) indicou diferenças significativas entre *T. gephyreus* e *T. truncatus* (t^2 de Hotelling = 2341; *F* = 37,601, *P* < 0,0001) (**Figura 22**). Além disso, a DFA demonstrou intervalo de confiança de 100% na classificação dos indivíduos. Os valores estatísticos estão sumarizados no **Apêndice D**.

Figura 22 – Gráfico da análise de função discriminante entre *T. truncatus* e *T. gephyreus* para a vista dorsal.



Deformações ao longo do PC1 - O PC1 representa o eixo de maior variação entre os indivíduos considerados da espécie *T. truncatus* e *T. gephyreus*. Nos escores positivos do PC1, estão localizados os indivíduos considerados da espécie *T. gephyreus*.

O rostro é alongado e afilado na região próxima à incisura antorbital (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 1, 2, 3, 4, 12, 13 e 14, com aproximação dos *landmarks* 4 e 12 do eixo médio do crânio); neurocrânio possui aspecto delgado e arredondado e com cristas temporais pouco pronunciadas (vetorização em direção ao eixo médio do crânio dos *landmarks* 5, 6, 10 e 11, e em direção anterior dos *landmarks* 7, 8 e 9); há marcado afastamento da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (afastamento dos *landmarks* 5 e 11, da linha média do crânio); leve redução do orifício nasal em

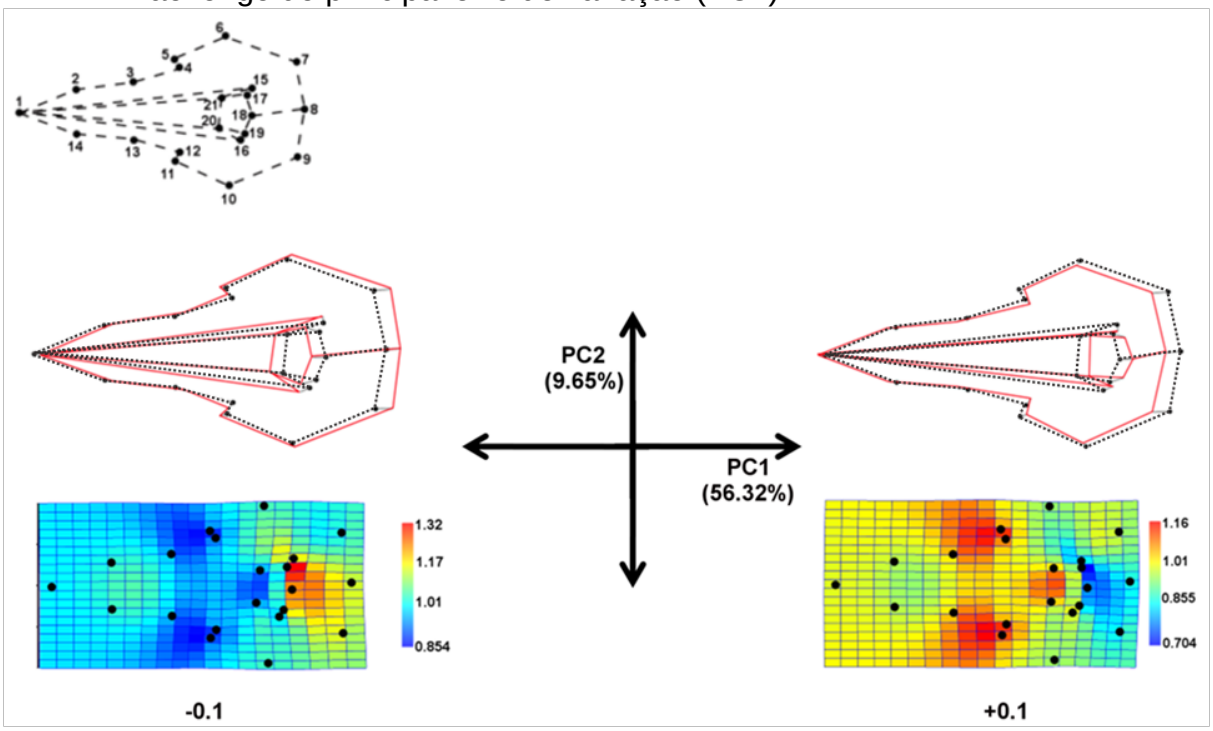
relação à forma média, sendo este lateralmente mais estreito; vetorização em direção posterior do *landmark* 18 em relação aos *landmarks* 17 e 19 faz com que a borda posterior do orifício nasal fique arredondada; há um marcado encurtamento da região posterior do neurocrânio entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital (vetorização em direção anterior do *landmark* 8, associado ao deslocamento em direção posterior do orifício nasal); borda posterior do osso supraoccipital é arredondada; extremidades proximais das pré-maxilas estão próximas das bordas laterais ao orifício nasal; pré-maxilas direita e esquerda são quivalentes em comprimento, com ambas as extremidades proximais localizadas anteriormente à borda posterior do orifício nasal (vetorização em direção anterior do *landmarks* 15 e em direção posterior do *landmark* 16) (**Figura 23**).

Nos escores negativos do PC1 estão localizados os indivíduos identificados como *T. truncatus*.

Estes possuem o rostro curto e robusto na região próxima à incisura antorbital (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 1, 2, 3, 4, 12, 13 e 14, com afastamento dos *landmarks* 4 e 12 do eixo médio do crânio); neurocrânio possui aspecto robusto e arredondado, e cristas temporais pronunciadas (afastamento do eixo médio do crânio dos *landmarks* 5, 6, 10 e 11, e em direção posterior dos *landmarks* 7, 8 e 9); há marcada aproximação da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro (aproximação das *landmarks* 5 e 11, da linha média do crânio); orifício nasal próximo à forma média; vetorização em direção anterior do *landmark* 18 em relação aos *landmarks* 17 e 19 faz com que a borda posterior do orifício nasal fique retificada; há um marcado espessamento da região posterior do neurocrânio entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital (vetorização em direção posterior do *landmark* 8 associado ao deslocamento em direção anterior do orifício nasal); borda posterior do osso supraoccipital é arredondada; extremidades proximais das pré-maxilas estão afastadas das bordas laterais do orifício nasal; pré-maxila direita é mais alongada do que a esquerda, com sua extremidade localizada posteriormente ao orifício nasal (discreta vetorização em direção anterior do *landmark* 15); extremidade proximal da pré-maxila esquerda está quase paralela à borda posterior do orifício nasal (vetorização em direção anterior do *landmark* 16) (**Figura 23**).

Resumo da descrição da forma – Os indivíduos de *T. truncatus* possuem o rostro curto e neurocrânio robusto com espessamento da região entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital; extremidade proximal da pré-maxila direita mais afastada da borda lateral do orifício nasal e situada após a borda posterior do mesmo; orifício nasal ocupa uma região mais anterior no neurocrânio. Já os indivíduos de *T. gephyreus* possuem o rostro alongado e neurocrânio menos robusto com encurtamento da região entre o orifício nasal e a borda posterior do supraoccipital; extremidade proximal da pré-maxila direita posicionada próximo à borda lateral do orifício nasal e antes da borda posterior do mesmo; orifício nasal localizado em uma região mais posterior do neurocrânio.

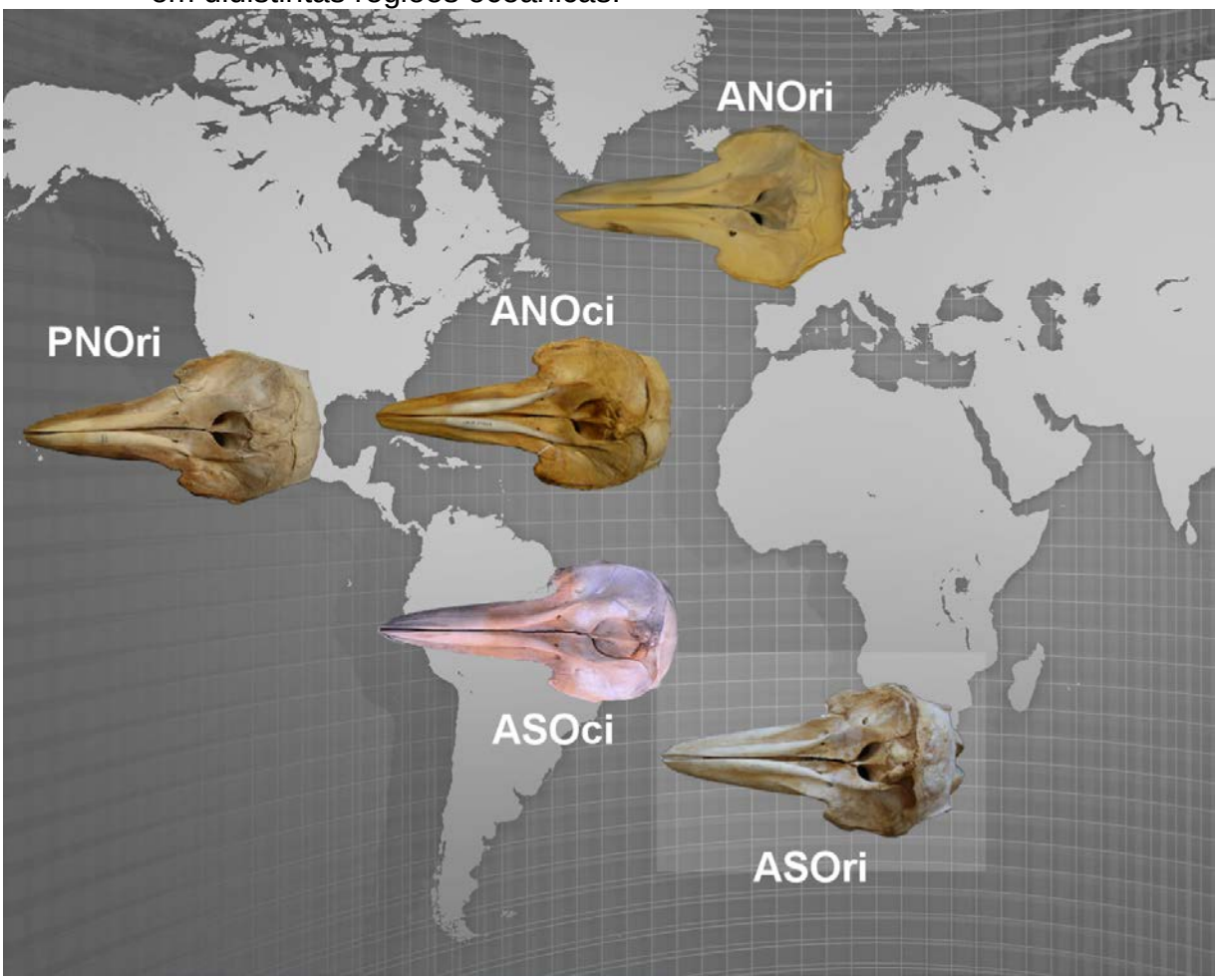
Figura 23 – Variações cranianas entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*, em vista dorsal, ao longo do principal eixo de variação (PC1).



Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*) associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração das *landmarks*.

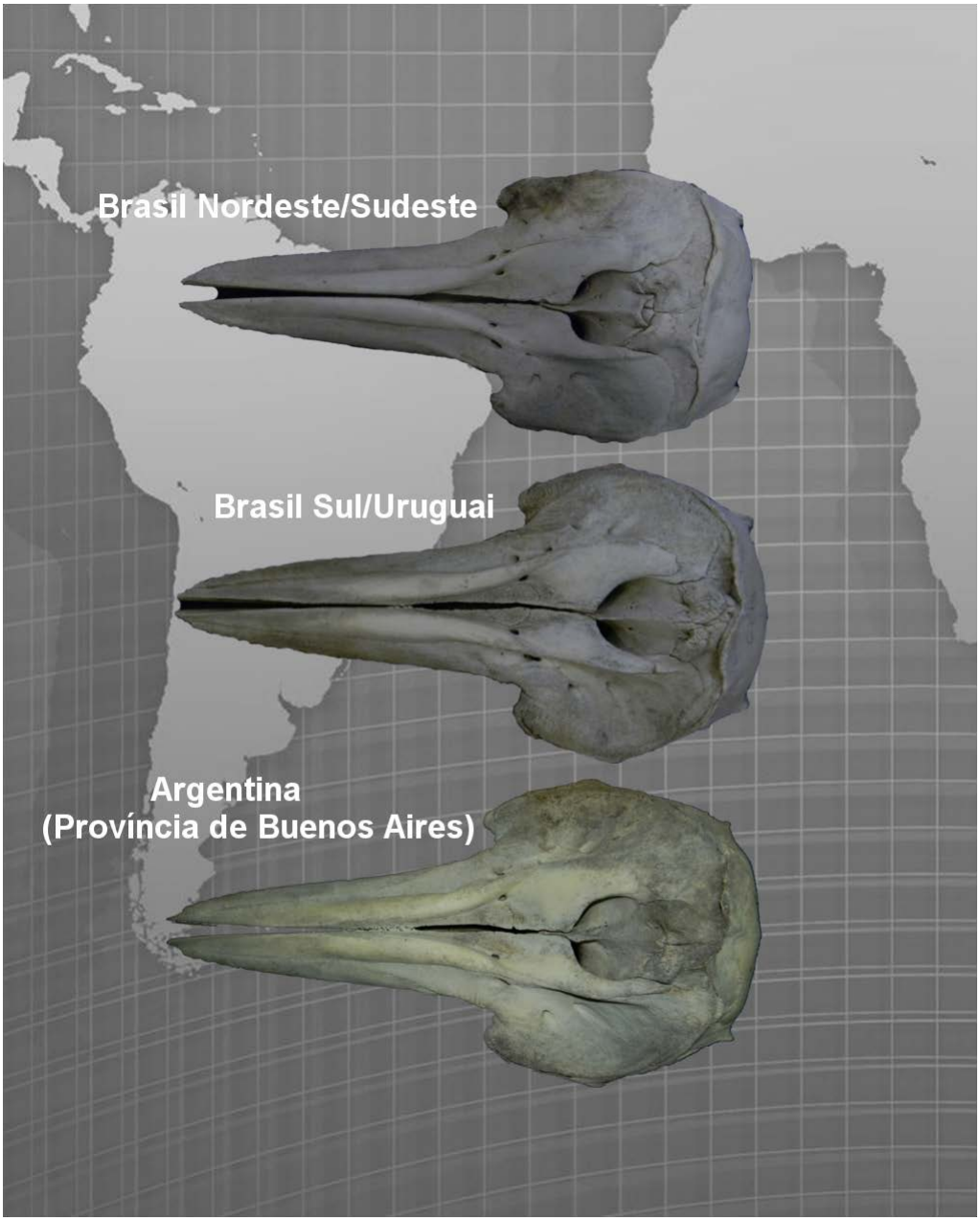
Visualização dos crânios – As diferentes morfologias cranianas de *T. truncatus*, em vista dorsal, podem ser visualizadas na **Figura 24**, com base na sua distribuição oceânica; na **Figura 25**, considerando sua ampla distribuição ao longo da costa Atlântica da América do Sul; e na **Figura 26**, tendo em vista discussões taxonômicas nesta área, em que se assume a ocorrência de duas espécies, *T. truncatus* e *T. gephyreus*.

Figura 24 – Diferentes morfologias cranianas, em vista dorsal, de *Tursiops truncatus*, em didistintas regiões oceânicas.



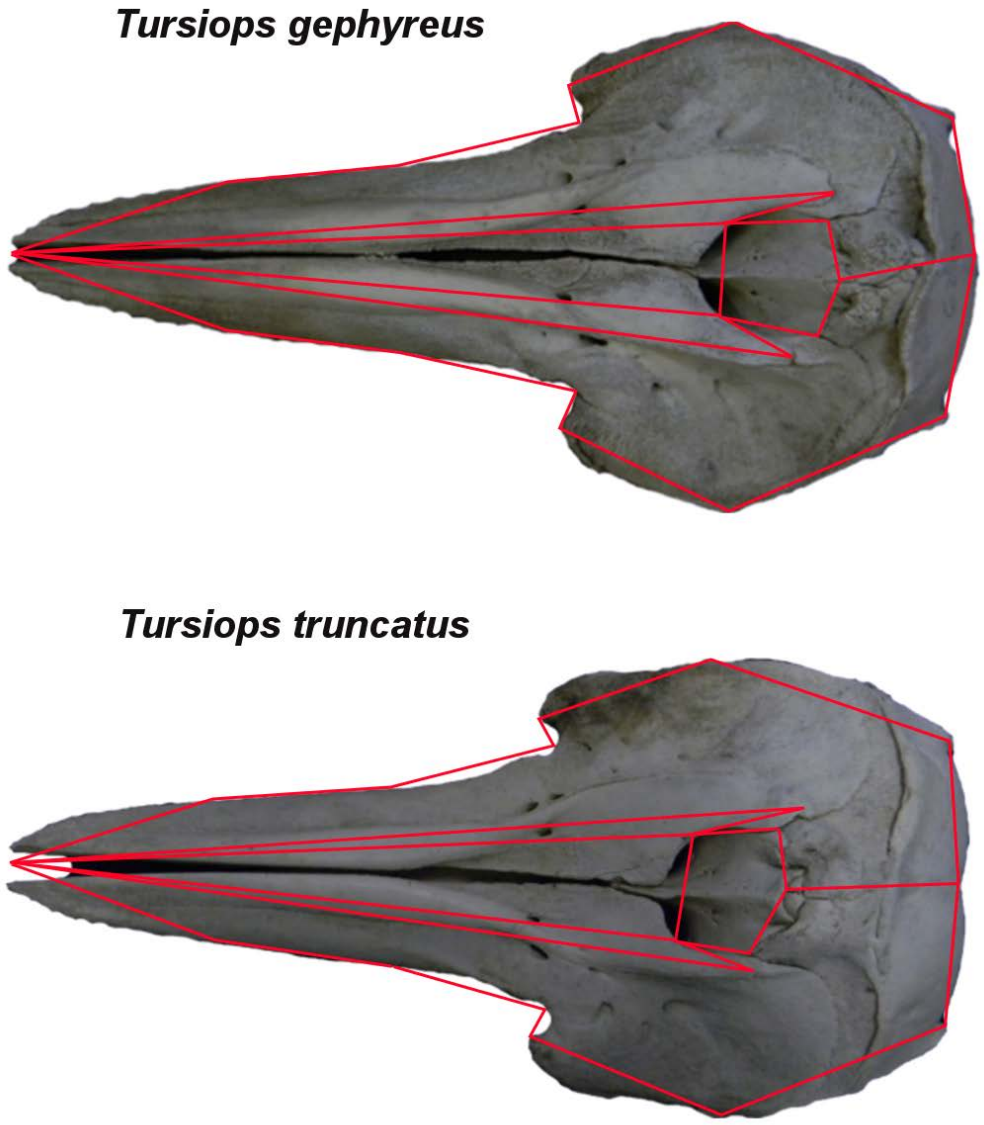
Legenda: A figura não possui escala, pois não leva em conta variação de tamanho, somente estão representadas variações de forma. Legenda: PNOri = Pacífico Norte Oriental; ANOci = Atlântico Norte Ocidental; ANOri = Atlântico Norte Oriental; ASOci = Atlântico Sul Ocidental; ASOri = Atlântico Sul Oriental.

Figura 25 – Diferentes morfologias cranianas, em vista dorsal, de *Tursiops truncatus*, ao longo da costa Atlântica da América do Sul.



Legenda: A figura não possui escala, pois não leva em conta variação de tamanho, somente estão representadas variações de forma.

Figura 26 – Diferentes morfologias cranianas, em vista dorsal, entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*, tendo em vista discussões taxonômicas presentes ao longo da costa Atlântica da América do Sul.



Legenda: A figura não possui escala, pois não leva em conta variação de tamanho, somente estão representadas variações de forma. Os *wireframes* em vermelho foram baseados nos *landmarks* selecionados para este estudo e apenas representam o que seria a forma geométrica para esses dois exemplares especificamente, sem nenhum tipo de análise morfométrica executada.

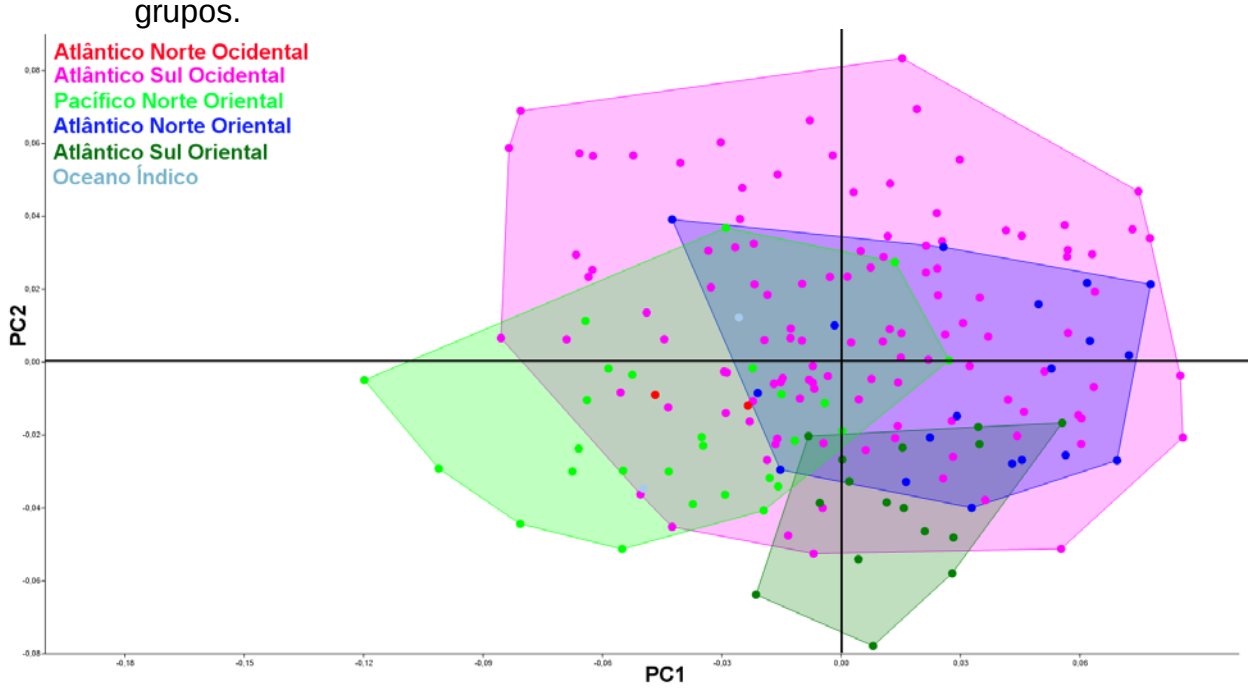
5.2 **Vista lateral do crânio**

5.2.1 Variações morfológicas transoceânicas

Foram analisados quatro grupos: Atlântico Sul Ocidental (N = 115); Atlântico Sul Oriental (N = 16); Atlântico Norte Oriental (N = 19); Pacífico Norte Oriental (N = 27). Os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental (N = 2) e Oceano Índico (N = 2) foram incorporados apenas no gráfico de dispersão, não participando das análises estatísticas, devido ao reduzido número amostral.

Na análise de componentes principais (PCA), o eixo representado pelo PC1 explicou 31,62% da variação da forma enquanto o PC2 explicou 17,97%, totalizando 49,59% da variação. De acordo com o gráfico de dispersão da PCA dos dois principais eixos de variação (PC1 e PC2), é possível observar uma tendência de separação dos grupos estabelecidos. E que os indivíduos representantes do Atlântico Sul Ocidental possuem uma ampla abrangência nesses dois eixos (**Figura 27**).

Figura 27 – Gráfico de dispersão da PCA transoceânica para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação, PC1 e PC2, entre os grupos.

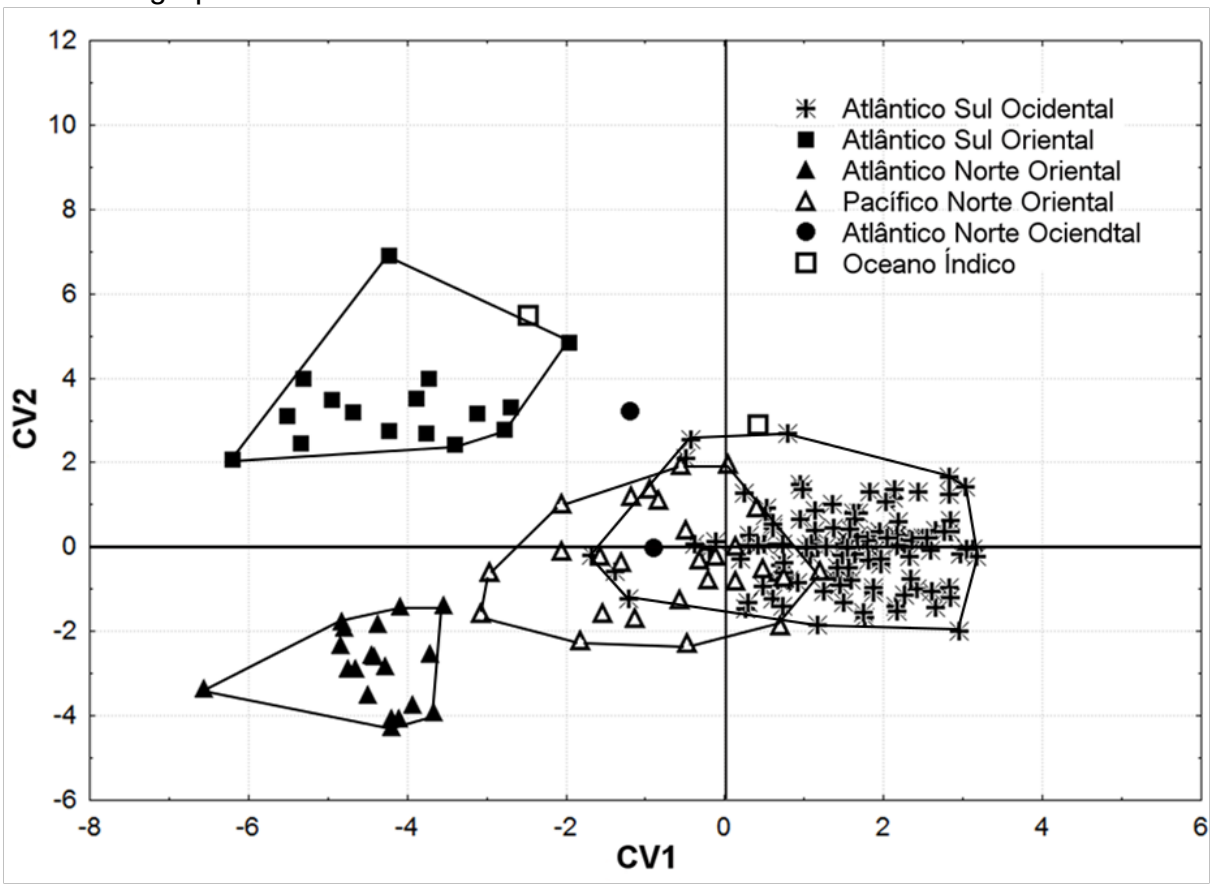


A análise das variáveis canônicas (CVA) produziu três raízes canônicas, que permitem a diferenciação entre os grupos. O eixo representado pelo CV1 explicou 51,54% da variação da forma e o CV2 explicou 21,46%, totalizando 73% da variação. Diferenças significativas foram observadas entre os grupos (Lambda de Wilk = 0,02159; $F_{99, 423}$ = 11,113, P < 0,0001).

O teste *post-hoc* de Hotelling indicou diferenças significativas entre todos os grupos analisados para a vista lateral do crânio. Os valores estatísticos estão sumarizados no **Apêndice E**.

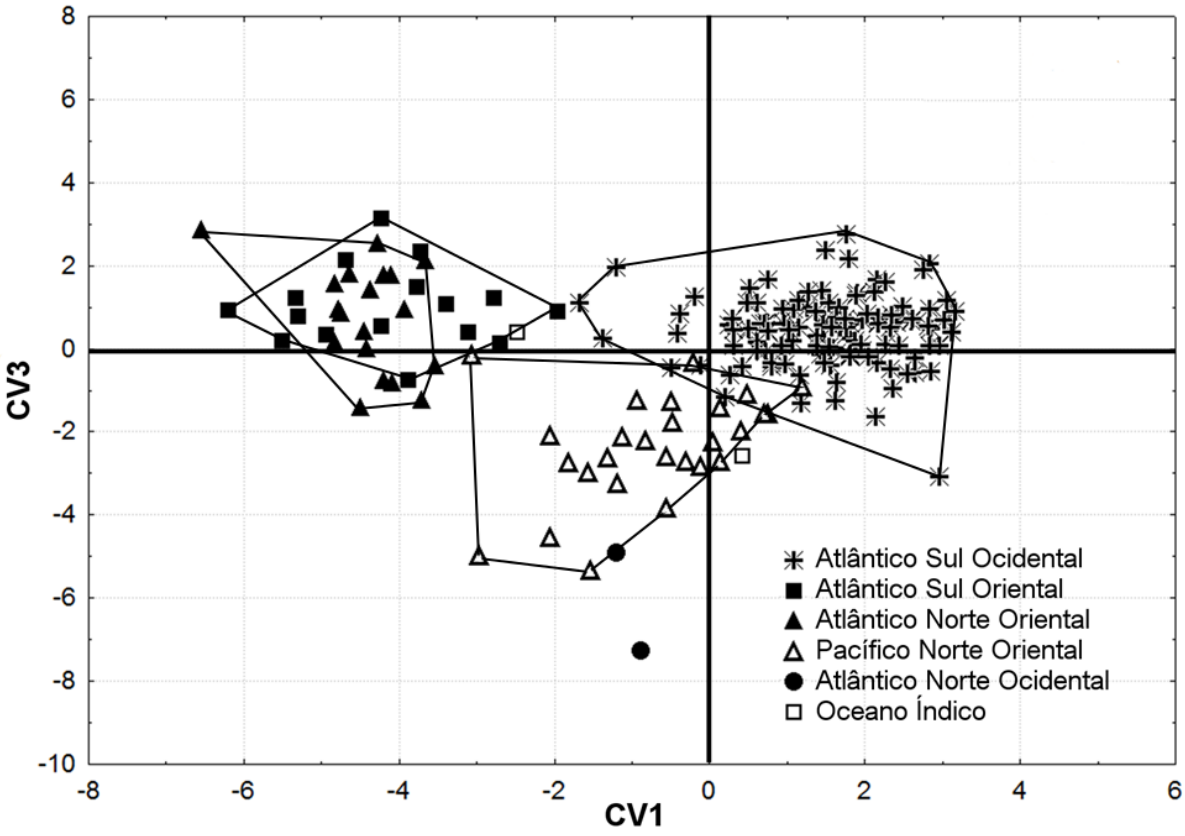
Observando o gráfico de dispersão da CVA dos dois principais eixos de variação (CV1 e CV2), assim como observado para a vista dorsal, pode-se inferir que há uma clara distinção entre os espécimes que ocupam o Oceano Atlântico Ocidental e os que ocupam o Oceano Atlântico Oriental, denotando uma forte componente longitudinal geográfica no CV1. Já no eixo CV2, há uma forte componente latitudinal que distingue os indivíduos do Atlântico Norte Oriental, dos indivíduos do Atlântico Sul Oriental (**Figura 28**).

Figura 28 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação, CV1 e CV2, entre os grupos.



Observando-se o gráfico de dispersão da CVA tendo como eixos cartesianos os CV1 e CV3, há uma tendência na separação dos indivíduos do Atlântico Norte Ocidental, os quais ocupam os escores mais negativos do CV3 (**Figura 29**).

Figura 29 – Gráfico de dispersão da CVA transoceânica para a vista lateral, mostrando os eixos de variação CV1 e CV3, entre os grupos.



Deformações ao longo do CV1 - A maioria dos indivíduos do Atlântico Sul Ocidental possui escores positivos para o CV1, estando concentrados no lado direito do gráfico de dispersão.

O crânio mostra um rostro levemente inclinado para baixo em relação ao côndilo occipital (vetorização em direção posterior e discretamente para baixo do *landmark* 1 e em direção anterosuperior do *landmark* 9); há uma robustez do complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal (vetorização em direção anterosuperior do *landmark* 2 e em direção anteroinferior do *landmark* 18); face ventral do osso lacrimal está inclinada para a porção anterior do crânio; região do vértice possui uma curvatura suave (vetorização em direção postero-inferior dos *landmarks* 5 e 6, e a não vetorização dos *landmarks* 3 e 4); fossa temporal robusta e a extremidade de suas cristas estão pronunciadas posteriormente, ultrapassando o contorno do côndilo occipital; côndilo occipital é pouco pronunciado e posiciona-se anteriormente às cristas temporais (vetorização em direção anterior do *landmark* 9);

há uma robustez da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital pronunciada em direção posterior (vetorização em direção inferior dos *landmarks* 11, 12 e 13); a concavidade ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é ampla e suave (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 15, 16 e 18, e em direção posterior do *landmark* 14); pterigoide pouco pronunciado e mais afastado do neurocrânio (vetorização em direção anterosuperior do *landmark* 17) (**Figura 30**).

Nos escores mais negativos do CV1, estão concentrados os indivíduos do Atlântico Oriental, Sul e Norte. O rostro se mantém alinhado ao côndilo occipital (vetorização em direção anterior do *landmark* 1 e em direção postero-inferior da *landmark* 9); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital, e processo pré-orbital do osso frontal é menos robusto (vetorização em direção postero-inferior do *landmark* 2, e em direção postero-superior do *landmark* 18); a face ventral do osso lacrimal está voltada para a porção inferior do crânio; a região do vértice é projetada dorsalmente assumindo uma forma cônica, com sua extremidade voltada anteriormente (vetorização em direção anterosuperior dos *landmarks* 5 e 6, e a não vetorização dos *landmarks* 3 e 4); a fossa temporal é mais delgada e com a extremidade de suas cristas levemente pronunciadas em direção posterior, posicionando-se antes do contorno do côndilo occipital; o côndilo occipital é marcadamente pronunciado e posiciona-se posteriormente às cristas temporais (vetorização em direção posterior do *landmark* 9); há um estreitamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (vetorização em direção superior dos *landmarks* 11, 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é curta e com acentuada concavidade (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 15, 16 e 18, e em direção anterior do *landmark* 14); o pterigoide é marcadamente pronunciado e mais próximo do neurocrânio (vetorização em direção postero-inferior do *landmark* 17) (**Figura 30**).

Resumo da descrição da forma – Em resumo, no CV1 os indivíduos do Oceano Atlântico Sul Ocidental possuem o crânio com o rostro levemente inclinado para baixo, a face ventral do osso lacrimal voltada anteriormente, neurocrânio arredondado na região do vértice, fossas temporais robustas, côndilo occipital pouco pronunciado, pterigoide curto e afastado do neurocrânio. Por outro lado, os

indivíduos do Atlântico Oriental possuem o crânio com o rostro mais alinhado ao côndilo occipital, a face ventral do osso lacrimal está voltada para a região inferior do crânio, o neurocrânio possui aspecto geral cônico com a região do vértice pronunciada dorsalmente, fossas temporais menos robustas, côndilo occipital marcadamente pronunciado e pterigoide alongado e mais próximo do neurocrânio.

Deformações ao longo do CV2 - O CV2 marca a diferenciação entre os indivíduos do Atlântico Norte e Sul Oriental. Ocupando a região do gráfico com escores mais positivos no CV2 estão os indivíduos do Atlântico Sul Oriental.

Para a morfologia geral do crânio nesta porção do gráfico, o rostro possui forte inclinação para baixo em relação ao côndilo occipital (marcada vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 1); há uma robustez do complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal (vetorização em direção postero-superior do *landmark* 2 e em direção postero-superior do *landmark* 18); face ventral do osso lacrimal é levemente inclinada para a região anterior do crânio; região do vértice é pouco pronunciada, porém mantendo o aspecto cônico (marcada vetorização em direção inferior do *landmarks* 4 e a discreta vetorização em direção inferior do *landmarks* 5); fossa temporal é levemente robusta e a extremidade das cristas pronunciadas posteriormente, posicionando-se antes da borda do côndilo occipital; côndilo occipital é marcadamente pronunciado e posiciona-se posteriormente as cristas temporais (vetorização em direção posterior do *landmark* 9); há um discreto espessamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (discreta vetorização em direção superior dos *landmarks* 11, 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é acentuada e levemente côncava (discreta vetorização em direção posterior dos *landmarks* 15, 16 e 18, e em direção anterior do *landmark* 14); o pterigoide é levemente pronunciado e mais próximo do neurocrânio (vetorização em direção postero-superior da *landmark* 17) (**Figura 30**).

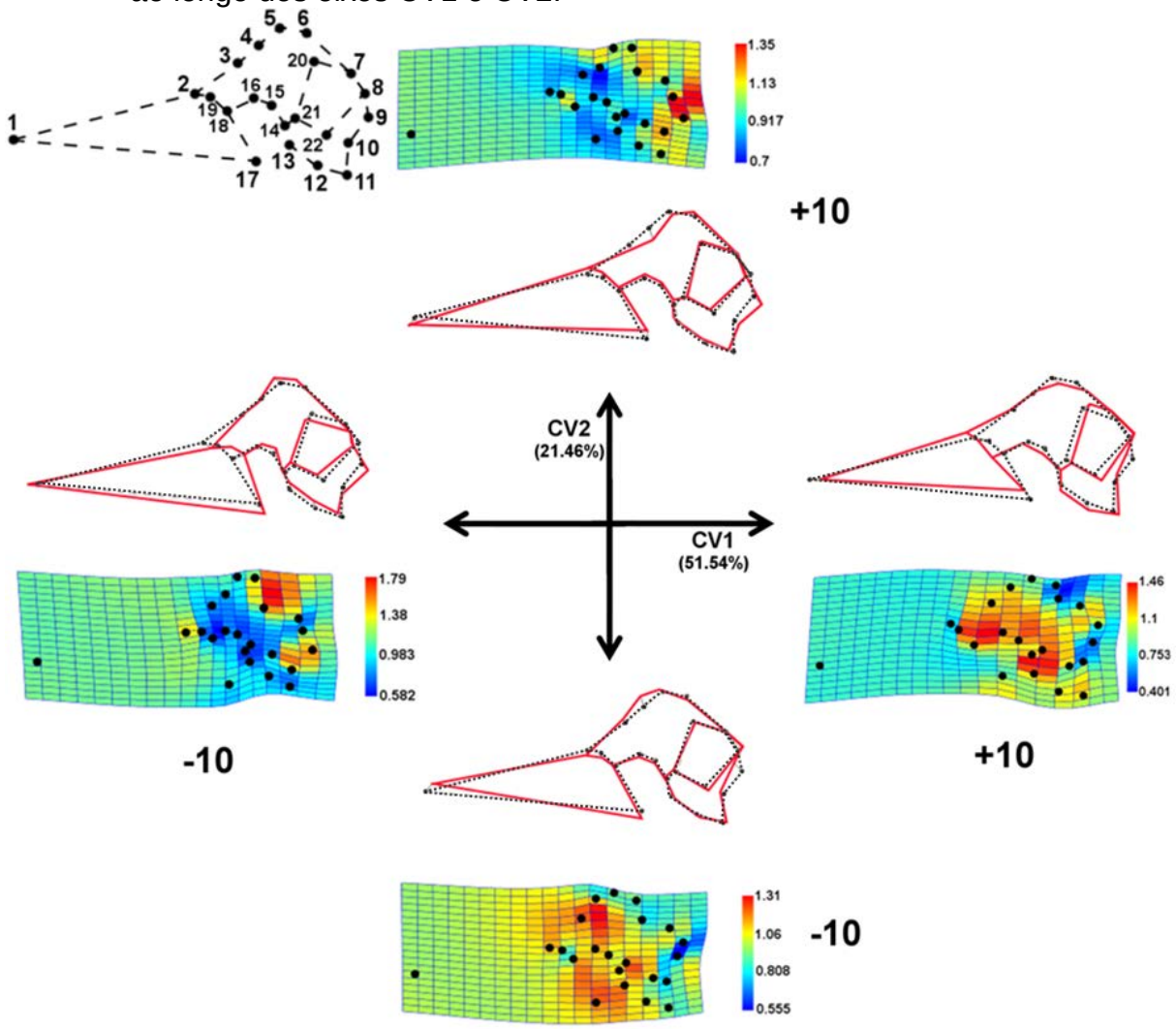
Os indivíduos do Atlântico Norte Oriental ocupam a região do gráfico com escores mais negativos para o CV2.

O rostro é mais inclinado para cima em relação ao côndilo occipital (marcada vetorização em direção postero-superior do *landmark* 1); o complexo: osso lacrimal,

extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal é menos robusto (vetorização em direção postero-inferior do *landmark* 2 e em direção postero-superior do *landmark* 18); face ventral do osso lacrimal também está levemente inclinada para a região anterior do crânio; região do vértice é pronunciada dorsalmente e inclinada anteriormente, com aspecto cônico (vetorização em direção anterosuperior do *landmarks* 4 e a discreta vetorização em direção superior do *landmark* 5); fossa temporal é levemente mais robusta e com suas cristas pronunciadas posteriormente; côndilo occipital é pouco pronunciado e posiciona-se anteriormente às cristas temporais (vetorização em direção anterior do *landmark* 9); há um discreto afilamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (discreta vetorização em direção inferior dos *landmarks* 11, 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é acentuada e levemente côncava (discreta vetorização em direção anterior dos *landmarks* 14, 15, 16 e 18); o pterigoide é mais pronunciado e afastado do neurocrânio (vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 17) (**Figura 30**).

Resumo da descrição da forma – No CV2, os indivíduos do Oceano Atlântico Sul Oriental possuem o rostro mais inclinado para baixo, neurocrânio com aspecto cônico e a extremidade do vértice pouco pronunciada, fossas temporais menos robustas, côndilo occipital marcadamente pronunciado e pterigoide mais curto e próximo ao neurocrânio. Já os indivíduos do Oceano Atlântico Norte Oriental possuem o rostro mais inclinado para cima, neurocrânio também com aspecto cônico, porém com a extremidade do vértice mais pronunciada e em direção anterior, as fossas temporais são um pouco mais robustas, côndilo occipital pouco pronunciado e pterigoide mais pronunciado e afastado do neurocrânio.

Figura 30 – Variações cranianas nas diferentes regiões oceânicas, em vista lateral, ao longo dos eixos CV1 e CV2.



Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo está a numeração dos *landmarks*.

Deformações ao longo do CV3 - Com escores positivos do CV3, próximo à forma média para este CV, está a maioria dos indivíduos do Atlântico Oriental (Sul e Norte) e os indivíduos do Atlântico Sul Ocidental.

Nestes valores, o rostro mantém-se alinhado ao côndilo occipital e visivelmente alongado (vetorização somente em direção anterior do *landmark* 1); há um marcado afilamento geral do neurocrânio, com deslocamento de toda a borda posterior em direção anterior (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 6, 7, 8, 9 e 10); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal é robusto (vetorização em direção postero-superior do *landmark* 2 e em direção postero-superior do *landmark* 18); a região do vértice é levemente projetada dorsalmente e para a região anterior, assumindo uma forma cônica (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 5 e 6, e a vetorização em direção anterosuperior dos *landmarks* 3 e 4); a fossa temporal é mais delgada e com suas cristas levemente pronunciadas posteriormente (marcada vetorização em direção anterior dos *landmarks* 7 e 8); o côndilo occipital é levemente pronunciado e posiciona-se posteriormente às cristas temporais (vetorização em direção anterior do *landmark* 9); há um afilamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital marcadamente pronunciada em direção posterior (vetorização em direção superior dos *landmarks* 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é ampla e levemente côncava (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 14, 15, 16 e 18); o pterigoide é pouco pronunciado e mais distante do neurocrânio (vetorização em direção anterosuperior do *landmark* 17) (**Figura 31**).

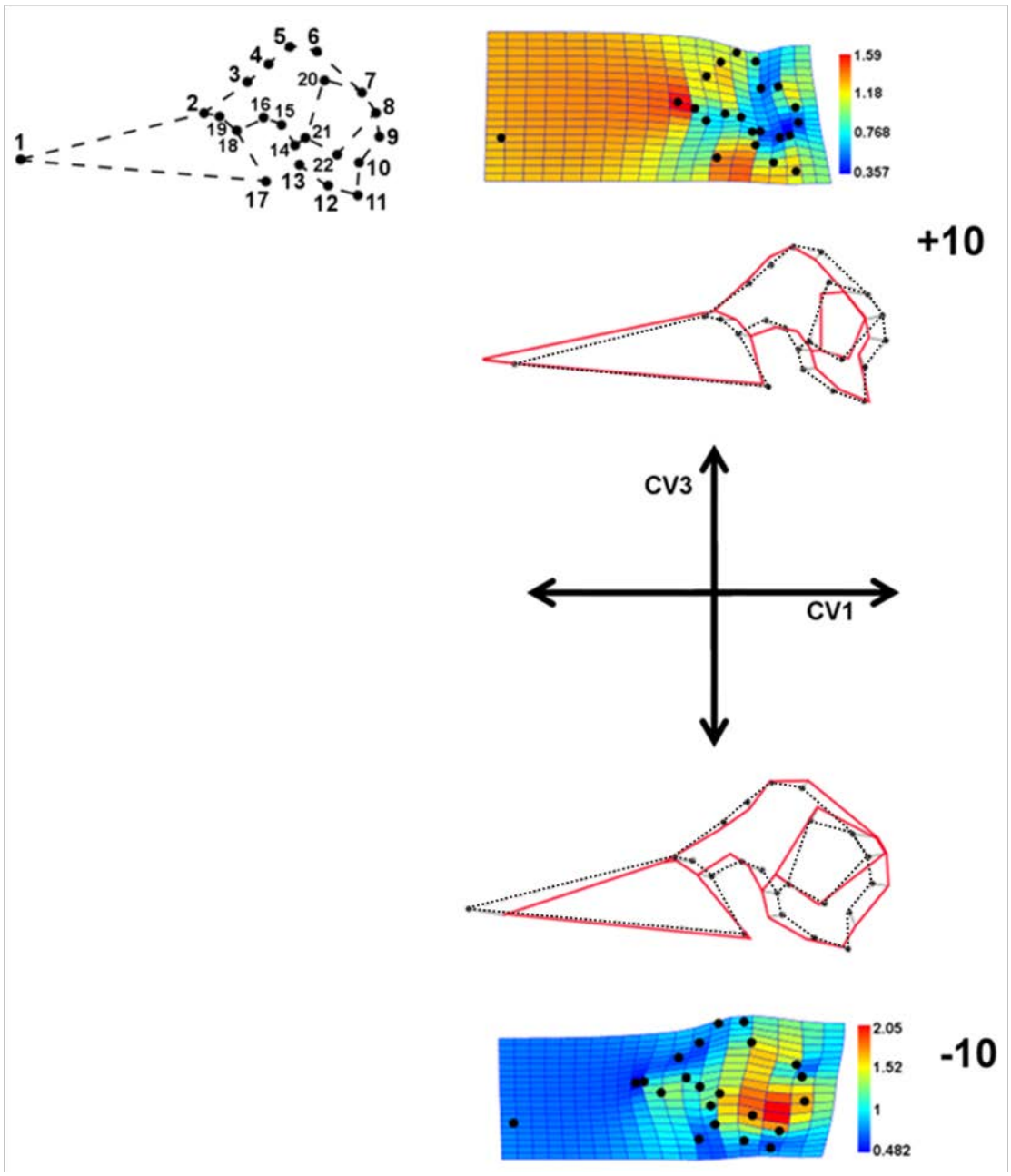
Nos escores mais negativos do CV3 estão os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental e Pacífico Norte Oriental.

Para estes, o rostro é mais inclinado para baixo em relação ao côndilo occipital e curto (marcada vetorização em direção postero-inferior do *landmark* 1); há uma marcada robustez geral do neurocrânio, com deslocamento de toda a borda posterior em direção posterior (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 6, 7, 8, 9 e 10); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré orbital do osso frontal é mais delgado (vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 2 e em direção anterosuperior dos *landmark* 18 e 19); região do vértice é levemente projetada dorsalmente e para a região

posterior, assumindo uma forma cônica (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 5 e 6, e a vetorização em direção postero-inferior dos *landmarks* 3 e 4); fossa temporal é robusta e com suas cristas marcadamente pronunciadas posteriormente (marcada vetorização em direção posterior dos *landmarks* 7 e 8); côndilo occipital é marcadamente pronunciado e posiciona-se posteriormente às cristas temporais (vetorização em direção posterior do *landmark* 9); há um espessamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 11, 12, 13 e 14); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é curta e com acentuada concavidade (vetorização em direção anterosuperior dos *landmarks* 15, 16 e 18, e em direção anterior do *landmark* 14); o pterigoide é pronunciado e mais próximo do neurocrânio (vetorização em direção postero-inferior do *landmark* 17) (**Figura 31**).

Resumo da descrição da forma – No CV3, os indivíduos do Atlântico Oriental e Sul Ocidental tendem a possuir crânio com rostro mais alongado e mais paralelo ao côndilo occipital, o neurocrânio é menos robusto na parte posterior, fossas temporais mais discretas, côndilo occipital pouco pronunciado e pterigoide mais curto e afastado do neurocrânio. Por outro lado, os indivíduos do Pacífico Norte Oriental e Atlântico Norte Ocidental destacam-se por possuir o crânio com o rostro mais curto e inclinado para baixo, neurocrânio mais robusto e arredondado na parte posterior, fossas temporais robustas, côndilo occipital mais pronunciado e pterigoide mais alongado e próximo ao neurocrânio.

Figura 31 – Variações cranianas nas diferentes regiões oceânicas, em vista lateral, ao longo dos eixos CV1 e CV3.



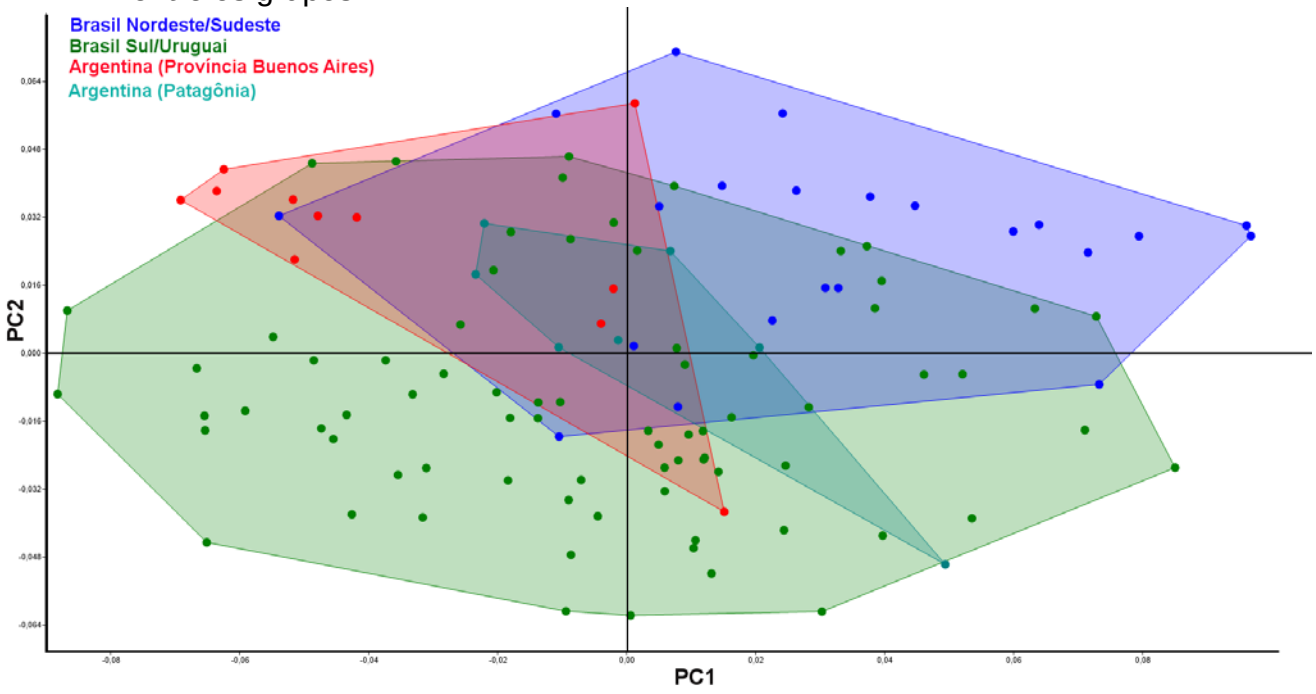
Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração dos *landmarks*.

5.2.2 Variações latitudinais no Atlântico Sul Ocidental

Foram analisados quatro grupos: Brasil Sul/Uruguai (N = 75); Brasil NE/SE (N = 22); Argentina (Província de Buenos Aires) (N = 11); e Argentina (Patagônia) (N = 7).

Na análise de componentes principais (PCA), o eixo representado pelo PC1 explicou 34,79% da variação da forma e o PC2 explicou 19,74%, totalizando 54,53% da variação. De acordo com o gráfico de dispersão da PCA, dos dois principais eixos de variação (PC1 e PC2), é possível observar uma grande sobreposição dos grupos (**Figura 32**).

Figura 32 – Gráfico de dispersão da PCA da costa Atlântica da América do Sul para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação, PC1 e PC2, entre os grupos.



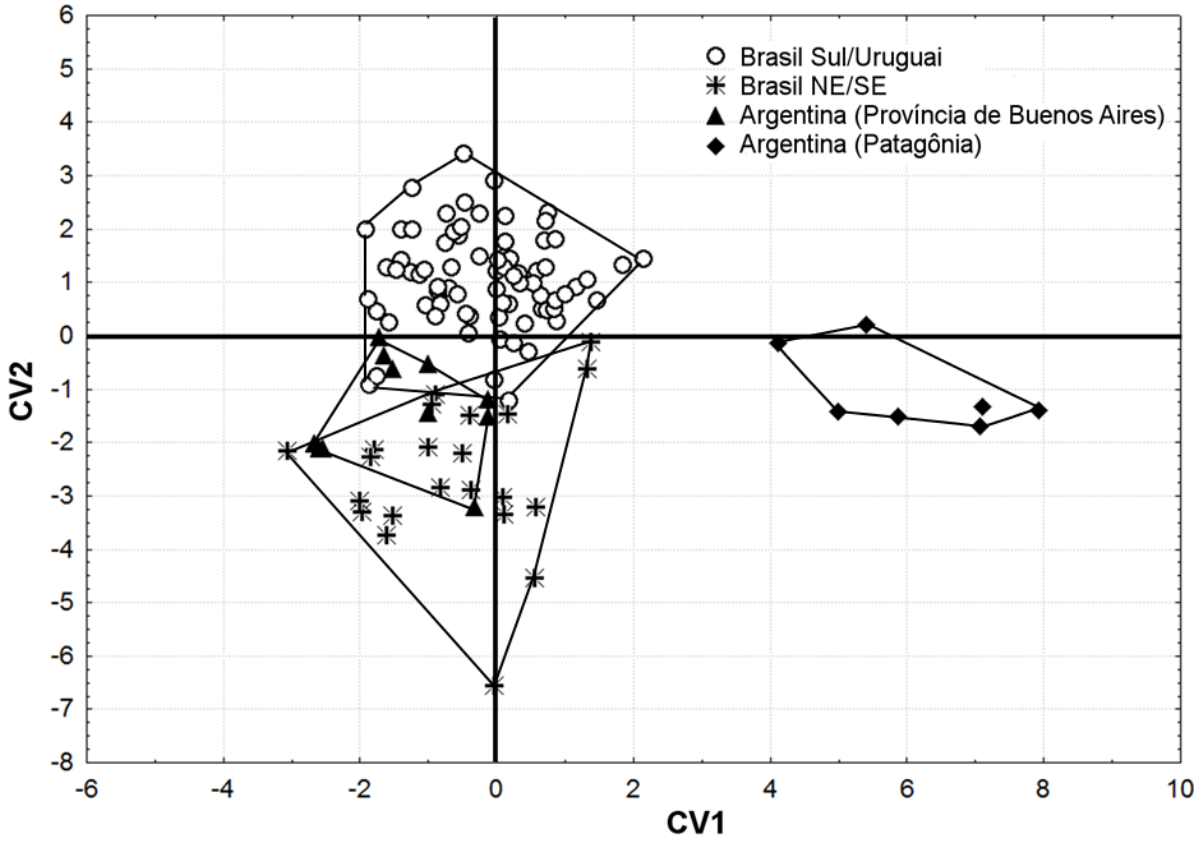
A análise das variáveis canônicas (CVA) produziu três raízes canônicas que permitiram a diferenciação entre os grupos. O eixo representado pelo CV1 explicou 39,02% da variação da forma e o CV2 explicou 38,01%, totalizando 77,03% da

variação. Diferenças significativas foram observadas entre os grupos (Lambda de Wilk = 0,03383; $F_{84, 252}$ = 6,3098, P < 0,0001).

O teste *post-hoc* de Hotelling indicou diferenças significativas entre todos os grupos analisados para a vista lateral do crânio. Os valores estatísticos estão sumarizados no **Apêndice E**.

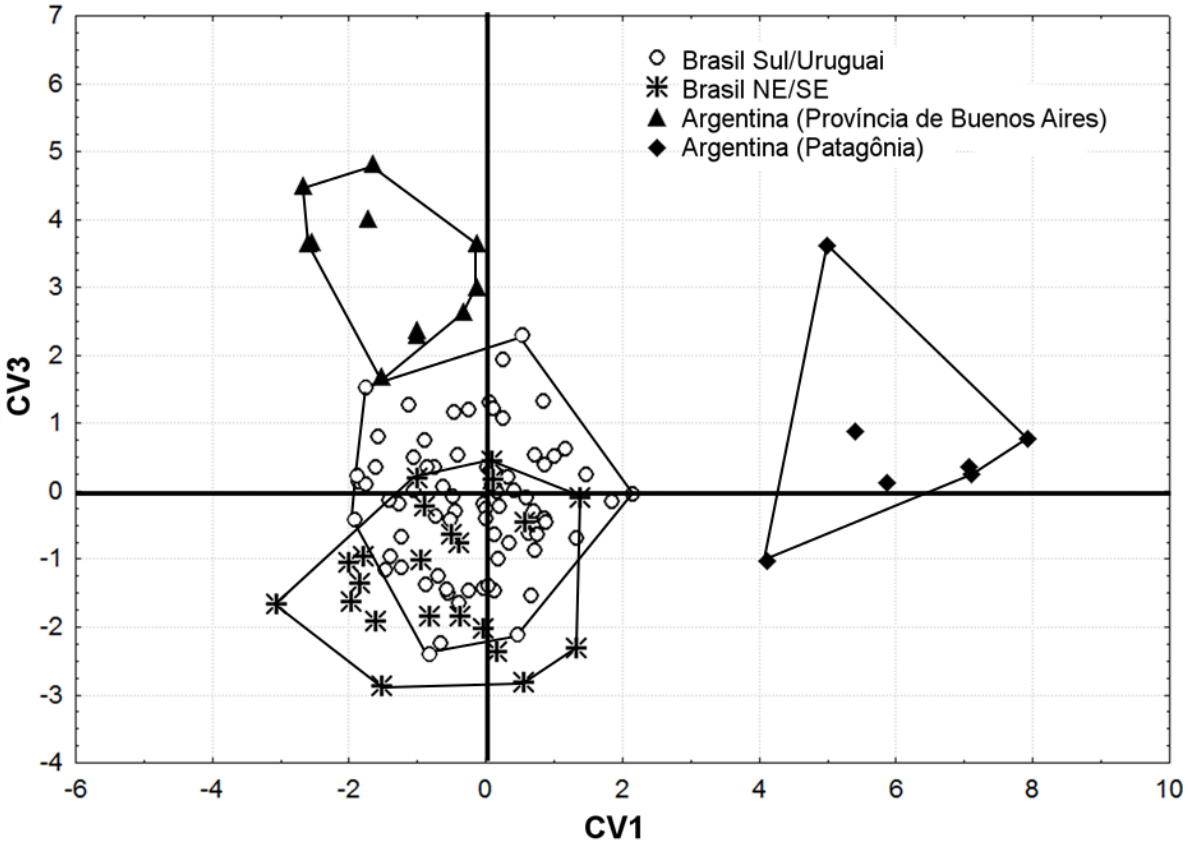
Observando o gráfico de dispersão da CVA dos dois principais eixos de variação (CV1 e CV2), pode-se observar uma tendência dos indivíduos do Brasil Sul/Uruguai, Brasil NE/SE e Argentina (Província de Buenos Aires) de possuir escores negativos no CV1. Já os indivíduos da Argentina (Patagônia) tendem a ter valores positivos neste CV. No CV2, há uma clara distinção entre os espécimes do Brasil Sul/Uruguai ocupando a região do gráfico com escores positivos e do Brasil NE/SE com escores negativos, juntamente com os indivíduos da Argentina (Província de Buenos Aires) (**Figura 33**).

Figura 33 – Gráfico de dispersão da CVA da costa Atlântica da América do Sul para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação, CV1 e CV2, entre os grupos.



Observando o gráfico de dispersão da CVA com os eixos cartesianos que representam a variação no CV1 e CV3, pode-se observar que no CV3 há uma clara distinção entre os espécimes da Argentina (Província de Buenos Aires) e do Brasil Sul/Uruguai e Brasil NE/SE, com todos os indivíduos da Argentina (Província de Buenos Aires) possuindo os escores positivos no CV3 (**Figura 34**).

Figura 34 – Gráfico de dispersão da CVA da costa Atlântica da América do Sul para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação, CV1 e CV3, entre os grupos.



Deformações ao longo do CV1 - Na extrema direita do gráfico de dispersão, com os valores dos escores positivos do CV1, estão concentrados os indivíduos da Argentina (Patagônia).

O crânio possui o rostro alinhado ao côndilo occipital (discreta vetorização em direção superior do *landmark* 1); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal é robusto (vetorização em direção postero-inferior do *landmark* 2, e em direção postero-inferior dos *landmarks* 18 e 19); face ventral do osso lacrimal é mais voltada

para baixo; região do vértice é levemente projetada dorsalmente e para a região anterior, assumindo uma forma cônica (vetorização em direção anterosuperior dos *landmarks* 4, 5 e 6); fossa temporal é robusta e com suas cristas levemente pronunciadas posteriormente; côndilo occipital é pronunciado e posiciona-se posteriormente às cristas temporais (vetorização em direção posterior do *landmark* 9); há um afilamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com encurtamento da extremidade posterior do exoccipital (vetorização em direção superior dos *landmarks* 11, 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é curta e levemente côncava (vetorização em direção posterior do *landmark* 18); o pterigoide é pouco pronunciado e distante do neurocrânio (discreta vetorização em direção anterosuperior do *landmark* 17) (**Figura 35**).

Com escores mais negativos no CV1, próximo à forma média para este CV, está a maioria dos indivíduos do Brasil Sul/Uruguai, Brasil NE/SE e Argentina (Província de Buenos Aires).

De uma maneira geral, o rostro mantém-se quase alinhado ao côndilo, occipital, levemente deslocado para baixo (discreta vetorização em direção inferior do *landmark* 1); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal é robusto (vetorização em direção anterosuperior dos *landmarks* 2, 18 e 19); face ventral do osso lacrimal é voltada mais anteriormente; região do vértice possui uma curvatura suave (vetorização em direção postero-inferior dos *landmarks* 4, 5 e 6); fossa temporal é menos robusta e com suas cristas levemente pronunciadas posteriormente; o côndilo occipital é levemente pronunciado e posiciona-se paralelo às cristas temporais (vetorização em direção anterior do *landmark* 9); área que abrange o exoccipital e o esquamosal está próxima do que seria a forma média, com a extremidade posterior do exoccipital marcadamente pronunciada em direção posterior (vetorização em direção postero-inferior do *landmark* 11); a concavidade ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é ampla e suave (vetorização em direção anterior do *landmark* 18); o pterigoide é pouco pronunciado e mais próximo do neurocrânio (discreta vetorização em direção postero-superior do *landmark* 17) (**Figura 35**).

Resumo da descrição da forma – Dessa maneira, no CV1 os indivíduos da Argentina (Patagônia) destacam-se dos demais por possuírem um crânio com a face ventral do

osso lacrimal mais voltada para baixo, neurocrânio com aspecto mais cônico e a região do vértice levemente projetada dorsalmente e para a região anterior, fossa temporal robusta, o côndilo occipital pronunciado e pterigoide pouco pronunciado e mais distante do neurocrânio.

Deformações ao longo do CV2 - Os indivíduos do Brasil Sul/Uruguai possuem os escores mais positivos ao longo do CV2.

Estes indivíduos estão tendendo a possuir um crânio com o rostro nitidamente inclinado para baixo em relação ao côndilo occipital e alongado (marcada vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 1); neurocrânio possui um aspecto geral mais delicado; há uma robustez do complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal (vetorização em direção postero-superior do *landmark* 2, 18 e 19); face ventral do osso lacrimal está voltada mais anteriormente; a região do vértice é pouco pronunciada e com aspecto cônico (marcada vetorização em direção inferior do *landmark* 4 e a discreta vetorização em direção inferior dos *landmarks* 5 e 6); fossa temporal é robusta, ocupando grande parte do neurocrânio, e com suas cristas pronunciadas posteriormente; côndilo occipital é marcadamente pronunciado e posiciona-se posteriormente às cristas temporais (vetorização em direção posterior do *landmark* 9); há um discreto afilamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (discreta vetorização em direção superior dos *landmarks* 11, 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é acentuada e levemente côncava (vetorização em direção superior dos *landmarks* 15, 16 e 18); o pterigoide é pronunciado e mais afastado do neurocrânio (vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 17) (**Figura 35**).

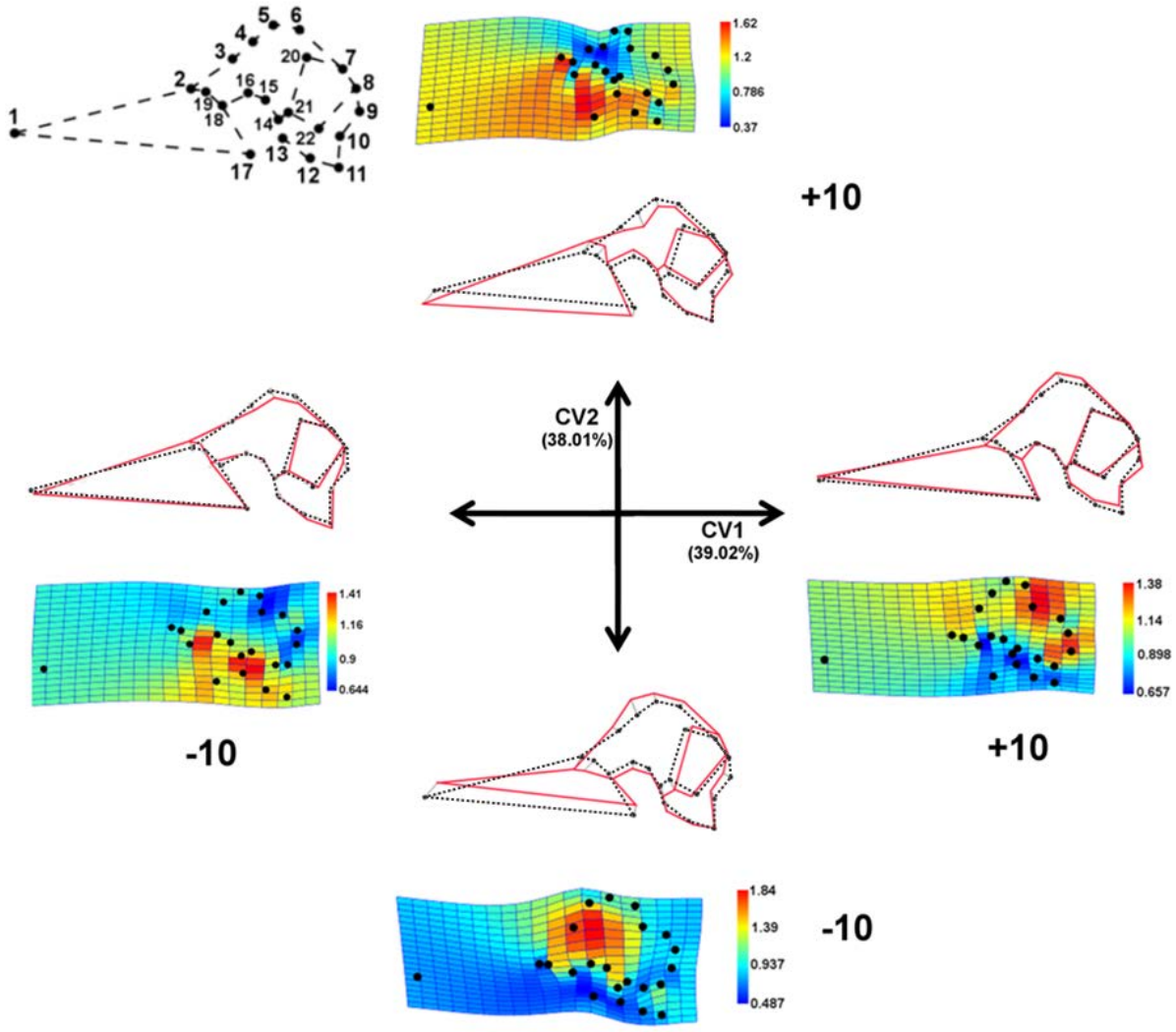
Nos escores com valores mais negativos do CV2, estão mais concentrados os indivíduos do Brasil NE/SE, com os indivíduos da Argentina (Província de Buenos Aires e Patagônia) próximos do que seria a forma média para esse eixo.

O crânio desses animais, em vista lateral, possui o rostro inclinado mais para cima em relação ao côndilo occipital, estando mais alinhado a este, e ser mais curto (marcada vetorização em direção postero-superior do *landmark* 1); neurocrânio é marcadamente mais robusto com a região do que seriam as maxilas e o frontal ocupando sua maior parte; o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da

porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal, é robusto (marcada vetorização em direção anteroinferior dos *landmarks* 2 e 19, e em direção postero-inferior do *landmark* 18); face ventral do osso lacrimal é voltada para baixo; a região do vértice é pouco pronunciada anteriormente e assume um aspecto cônico mais discreto (marcada vetorização em direção superior dos *landmarks* 4 e 5, e a discreta vetorização em direção superior do *landmarks* 6); fossa temporal é mais discreta e com suas cristas pouco pronunciadas posteriormente; côndilo occipital é pouco pronunciado e posiciona-se anteriormente às cristas temporais (vetorização em direção anterior do *landmark* 9); área que abrange o exoccipital e o esquamosal é mais discreta, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (discreta vetorização em direção inferior dos *landmarks* 11, 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é discreta e levemente côncava (vetorização em direção inferior dos *landmarks* 14, 15, 16 e 18); o pterigoide é pouco pronunciado e próximo do neurocrânio (vetorização em direção postero-superior do *landmark* 17) (**Figura 35**).

Resumo da descrição da forma – No CV2, os indivíduos do Brasil Sul/Uruguai possuem um crânio com o rostro mais inclinado para baixo e alongado, o neurocrânio é mais delicado, as fossas temporais são robustas ocupando quase toda a lateral do neurocrânio, o côndilo occipital é pronunciado e o pterigoide é mais longo e afastado do neurocrânio. Enquanto os indivíduos do Brasil NE/SE tendem a possuir o crânio com o rostro mais paralelo ao côndilo occipital, neurocrânio mais robusto, fossas temporais menos robustas, côndilo occipital pouco pronunciado e pterigoide curto e próximo ao neurocrânio.

Figura 35 – Variações cranianas na costa Atlântica da América do Sul, em vista lateral, ao longo dos eixos CV1 e CV2.



Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração das *landmarks*.

Deformações ao longo do CV3 - Com os escores mais positivos do CV3, estão concentrados os indivíduos da Argentina (Província de Buenos Aires).

O crânio possui o rostro inclinado para baixo em relação ao côndilo occipital e alongado (marcada vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 1); há um marcado afilamento geral do neurocrânio, com deslocamento de toda a borda posterior em direção anterior (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 6, 7, 8, 9 e 10); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na

incisura antorbital e processo pré orbital do osso frontal é robusto (vetorização em direção postero-superior do *landmark* 2 e em direção postero-superior do *landmark* 18); região do vértice é levemente projetada dorsalmente e para a região anterior, assumindo uma forma cônica (vetorização em direção anterior das *landmarks* 5 e 6, e a vetorização em direção anterosuperior dos *landmarks* 3 e 4); fossa temporal é mais delgada e com suas cristas levemente pronunciadas posteriormente (marcada vetorização em direção anterior dos *landmarks* 7 e 8); côndilo occipital é levemente pronunciado e posiciona-se quase paralelo às cristas temporais (vetorização em direção anterior do *landmark* 9); há um afilamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital marcadamente pronunciada em direção posterior (vetorização em direção superior dos *landmarks* 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é ampla e levemente côncava (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 14, 15, 16 e 18); o pterigoide é pouco pronunciado e distante do neurocrânio (vetorização em direção anterosuperior do *landmark* 17) (**Figura 36**).

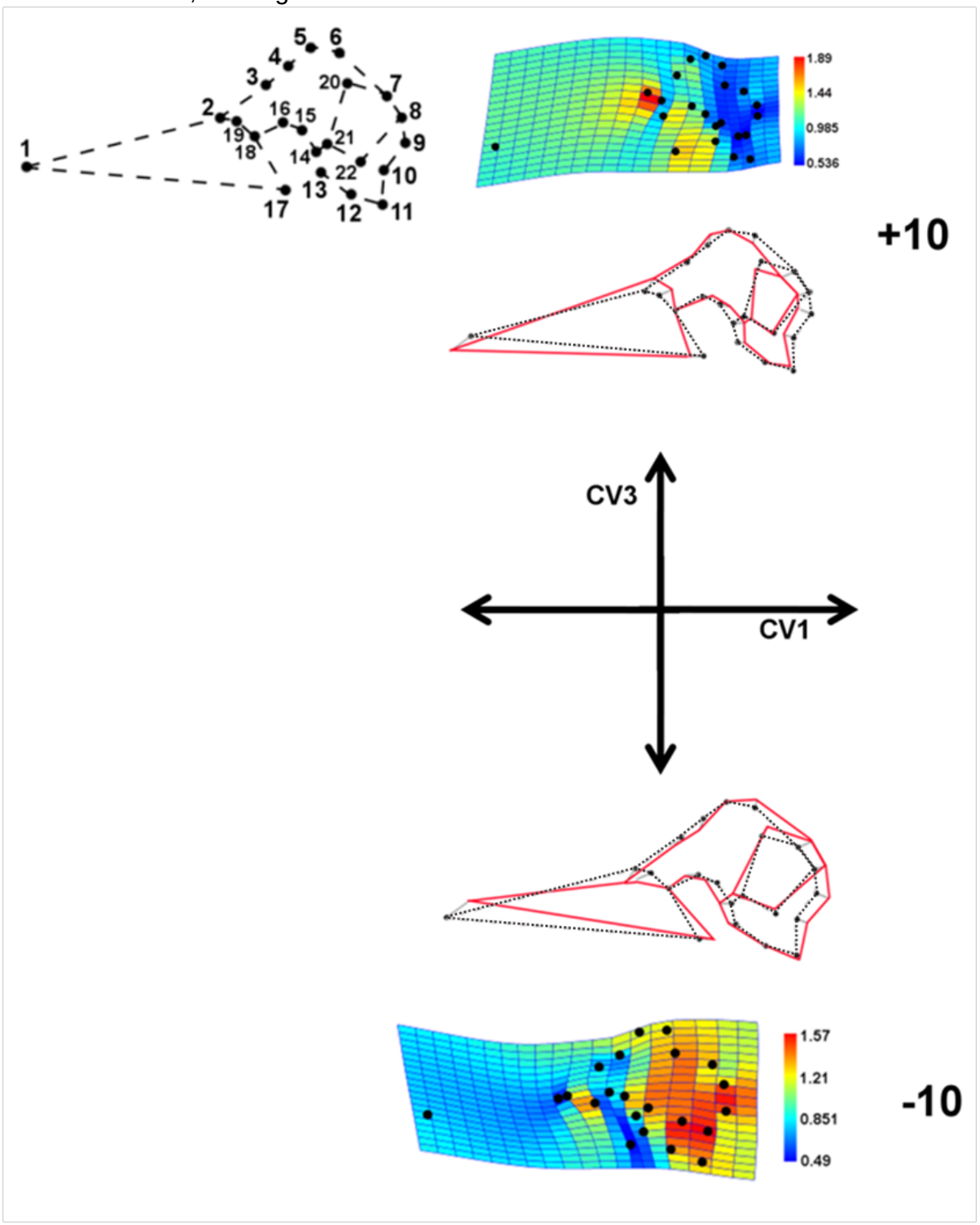
Nos valores de escores mais negativos do CV3, estão os indivíduos do Brasil NE/SE.

De uma maneira geral, o rostro é inclinado para cima e está mais paralelo ao côndilo occipital e é mais curto (marcada vetorização em direção postero-superior do *landmark* 1); há uma marcada robustez geral do neurocrânio, com deslocamento de toda a borda posterior em direção posterior (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 6, 7, 8, 9 e 10); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré orbital do osso frontal é mais delgado (vetorização em direção anteroinferior dos *landmarks* 2 e 19); região do vértice é levemente projetada dorsalmente e para a região posterior, assumindo uma forma cônica (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 5 e 6, e a vetorização em direção postero-inferior dos *landmarks* 3 e 4); fossa temporal é robusta e com suas cristas marcadamente pronunciadas posteriormente (marcada vetorização em direção posterior dos *landmarks* 7 e 8); côndilo occipital é marcadamente pronunciado e posiciona-se posteriormente às cristas temporais (vetorização em direção posterior do *landmark* 9); há um espessamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (vetorização em direção anterior dos *landmarks*

11, 12, 13 e 14); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é curta e com acentuada concavidade (vetorização em direção anterosuperior das *landmarks* 15, 16 e 18, e em direção anterior do *landmark* 14); o pterigoide é pronunciado e próximo do neurocrânio (vetorização em direção postero-inferior da *landmark* 17) (**Figura 36**).

Resumo da descrição da forma – No CV3 os indivíduos da Argentina (Província de Buenos Aires) possuem crânio com rostro mais alongado e inclinado para baixo, neurocrânio menos robusto na parte posterior, fossas temporais mais discretas, côndilo occipital pouco pronunciado e pterigoide mais curto e afastado do neurocrânio. Por outro lado, os indivíduos do Brasil NE/SE possuem o crânio com o rostro mais curto e inclinado para cima, neurocrânio mais robusto e arredondado na parte posterior, fossas temporais robustas, côndilo occipital mais pronunciado e pterigoide pronunciado e próximo do neurocrânio.

Figura 36 – Variações cranianas na costa Atlântica da América do Sul, em vista lateral, ao longo dos eixos CV1 e CV3.



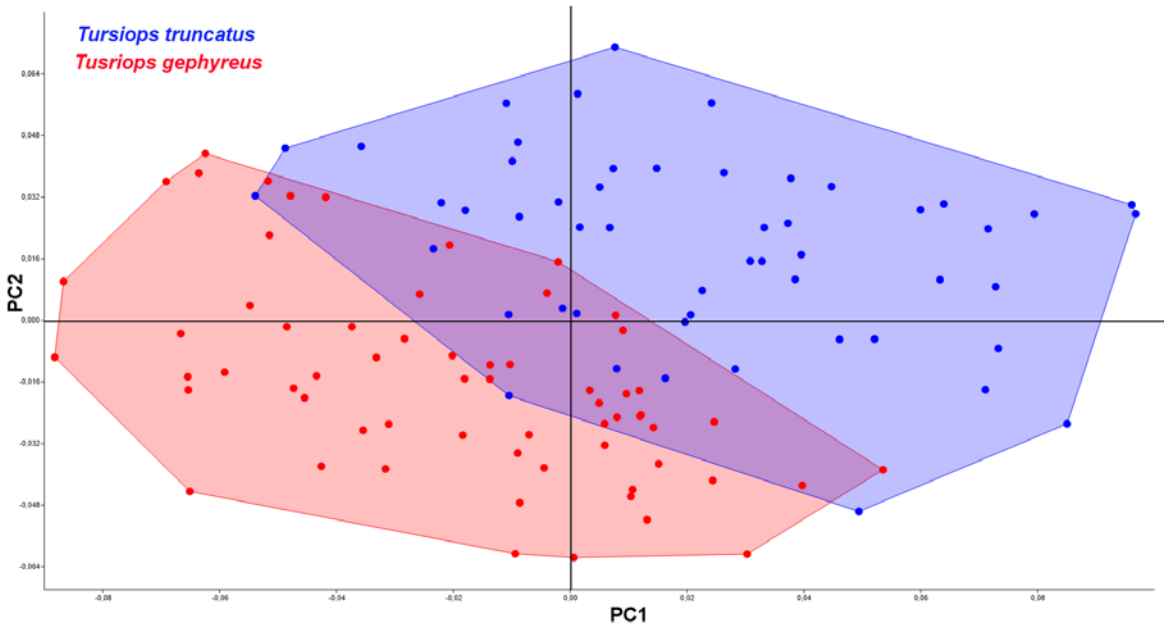
Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração dos *landmarks*.

5.2.3 Variações interespecíficas no Atlântico Sul Ocidental

Foram analisados dois grupos: *Tursiops truncatus* (N = 52) e *Tursiops gephyreus* (N = 63).

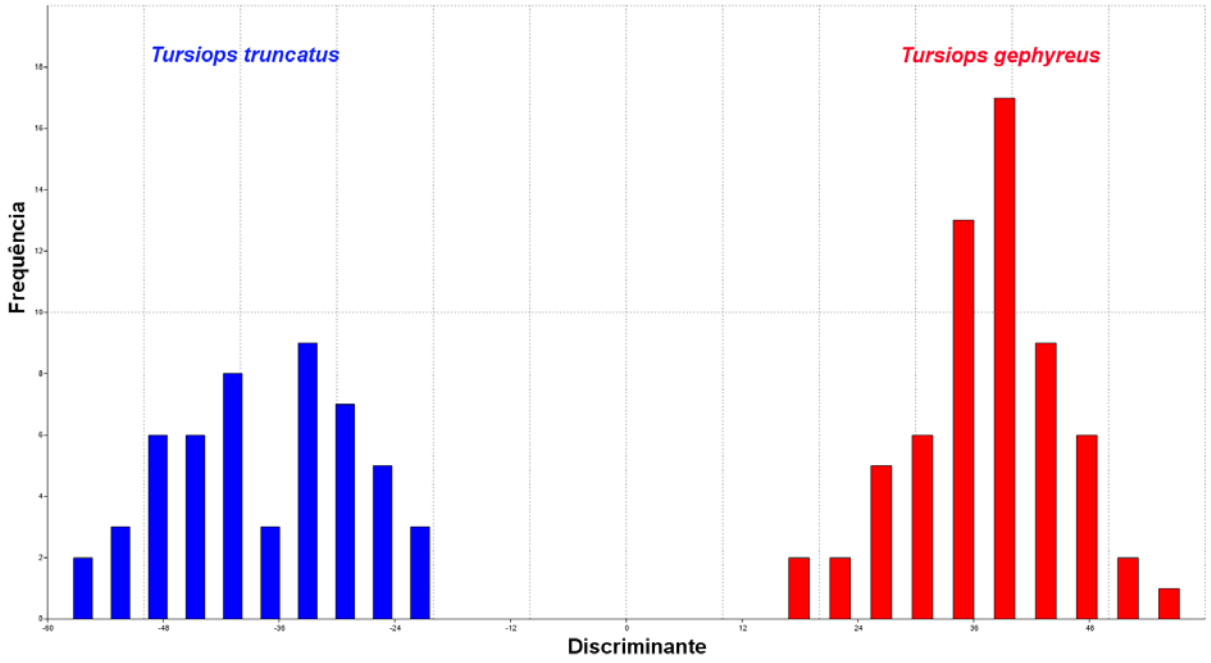
A análise de componentes principais (PCA) produziu dois eixos de diferenciação entre os grupos. O eixo representado pelo PC1 explicou 34,80% da variação da forma, enquanto o PC2 explicou 19,74%, totalizando 54,54% da variação. O gráfico de dispersão do PCA indica uma nítida separação entre os indivíduos identificados como *Tursiops gephyreus*, ocupando a maior parte do eixo negativo do PC1 e do PC2, e os reconhecidos como *Tursiops truncatus*, ocupando a maior parte do eixo positivo do PC1 e do PC2 (**Figura 37**).

Figura 37 – Gráfico de dispersão da PCA interespecífica de *T. truncatus* e *T. gephyreus,* para a vista lateral, mostrando os dois principais eixos de variação, PC1 e PC2, entre os grupos.



A análise de função discriminante (DFA) indicou diferenças significativas entre *T. gephyreus* e *T. truncatus* (t^2 de Hotelling =2187,1; F = 30,792, P < 0,0001) (**Figura 38**). Além disso, a DFA demonstrou intervalo de confiança de 100% na classificação dos indivíduos. Os valores estatísticos estão sumarizados no **Apêndice E**.

Figura 38 – Gráfico da análise de função discriminante entre *T. truncatus* e *T. gephyreus* para a vista lateral.



Deformações ao longo do PC1 - Nos escores positivos do PC1, estão os indivíduos identificados como *T. truncatus*.

A forma geral do crânio desses indivíduos possui o rostro inclinado para cima em relação ao côndilo occipital, estando mais alinhado a este, e mais curto (marcada vetorização em direção postero-superior do *landmark* 1); há uma marcada robustez geral do neurocrânio, com deslocamento de toda a borda posterior em direção posterior (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 6, 7, 8, 9 e 10); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal é mais delgado (vetorização em direção anteroinferior dos *landmarks* 2 e 19); região do vértice é levemente projetada dorsalmente e para a região posterior, assumindo uma forma cônica (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 5 e 6 e a vetorização em direção postero-inferior dos *landmarks* 3 e 4); fossa temporal é robusta e com suas cristas marcadamente pronunciadas posteriormente (marcada vetorização em direção posterior dos *landmarks* 7 e 8); côndilo occipital é marcadamente pronunciado e posiciona-se posteriormente às cristas temporais (vetorização em direção posterior do *landmark* 9); há um espessamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a

extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 11, 12, 13 e 14); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é curta e com acentuada concavidade (vetorização em direção anterosuperior dos *landmarks* 15, 16 e 18, e em direção anterior do *landmark* 14); o pterigoide é pronunciado e próximo do neurocrânio (vetorização em direção postero-inferior do *landmark* 17) (**Figura 39**).

Os indivíduos identificados como *T. gephyreus* ocupam a região do gráfico com os valores dos escores mais negativos do PC1.

Para estes, o rostro é nitidamente inclinado para baixo em relação ao côndilo occipital e é alongado (marcada vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 1); há um marcado afilamento geral do neurocrânio, com deslocamento de toda a borda posterior em direção anterior (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 6, 7, 8, 9 e 10); o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré orbital do osso frontal é robusto (vetorização em direção postero-superior do *landmark* 2 e em direção postero-superior do *landmark* 18); região do vértice é levemente projetada dorsalmente e para a região anterior, assumindo uma forma cônica (vetorização em direção anterior dos *landmarks* 5 e 6, e a vetorização em direção anterosuperior dos *landmarks* 3 e 4); fossa temporal é pouco menos robusta e com suas cristas levemente pronunciadas posteriormente (marcada vetorização em direção anterior dos *landmarks* 7 e 8); côndilo occipital é levemente pronunciado e posiciona-se quase paralelo às cristas temporais (vetorização em direção anterior do *landmark* 9); há um afilamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital marcadamente pronunciada em direção posterior (vetorização em direção superior dos *landmarks* 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é ampla e levemente côncava (vetorização em direção posterior dos *landmarks* 14, 15, 16 e 18); o pterigoide é pouco pronunciado e distante do neurocrânio (vetorização em direção anterosuperior do *landmark* 17) (**Figura 39**).

Deformações ao longo do PC2 - Com escores mais positivos do PC2, estão os indivíduos identificados como *T. truncatus.*

O rostro é inclinado para cima em relação ao côndilo occipital, estando mais alinhado a este, e mais curto (marcada vetorização em direção postero-superior do *landmark* 1); neurocrânio é marcadamente mais robusto com a região do que seriam

as maxilas e o frontal ocupando sua maior parte; o complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal é robusto (marcada vetorização em direção anteroinferior dos *landmarks* 2 e 19, e em direção postero-inferior do *landmark* 18); região do vértice é pouco pronunciada anteriormente e com discreto aspecto cônico (marcada vetorização em direção superior dos *landmarks* 4 e 5, e a discreta vetorização em direção superior do *landmark* 6); fossa temporal é discreta e suas cristas pouco pronunciadas posteriormente; côndilo occipital é pouco pronunciado e posiciona-se anteriormente às cristas temporais (vetorização em direção anterior do *landmark* 9); área que abrange o exoccipital e o esquamosal é discreta, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (discreta vetorização em direção inferior dos *landmarks* 11, 12 e 13); curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é acentuada e levemente côncava (vetorização em direção inferior dos *landmarks* 14, 15, 16 e 18); o pterigoide é pouco pronunciado e afastado do neurocrânio (vetorização em direção postero-superior do *landmark* 17) (**Figura 39**).

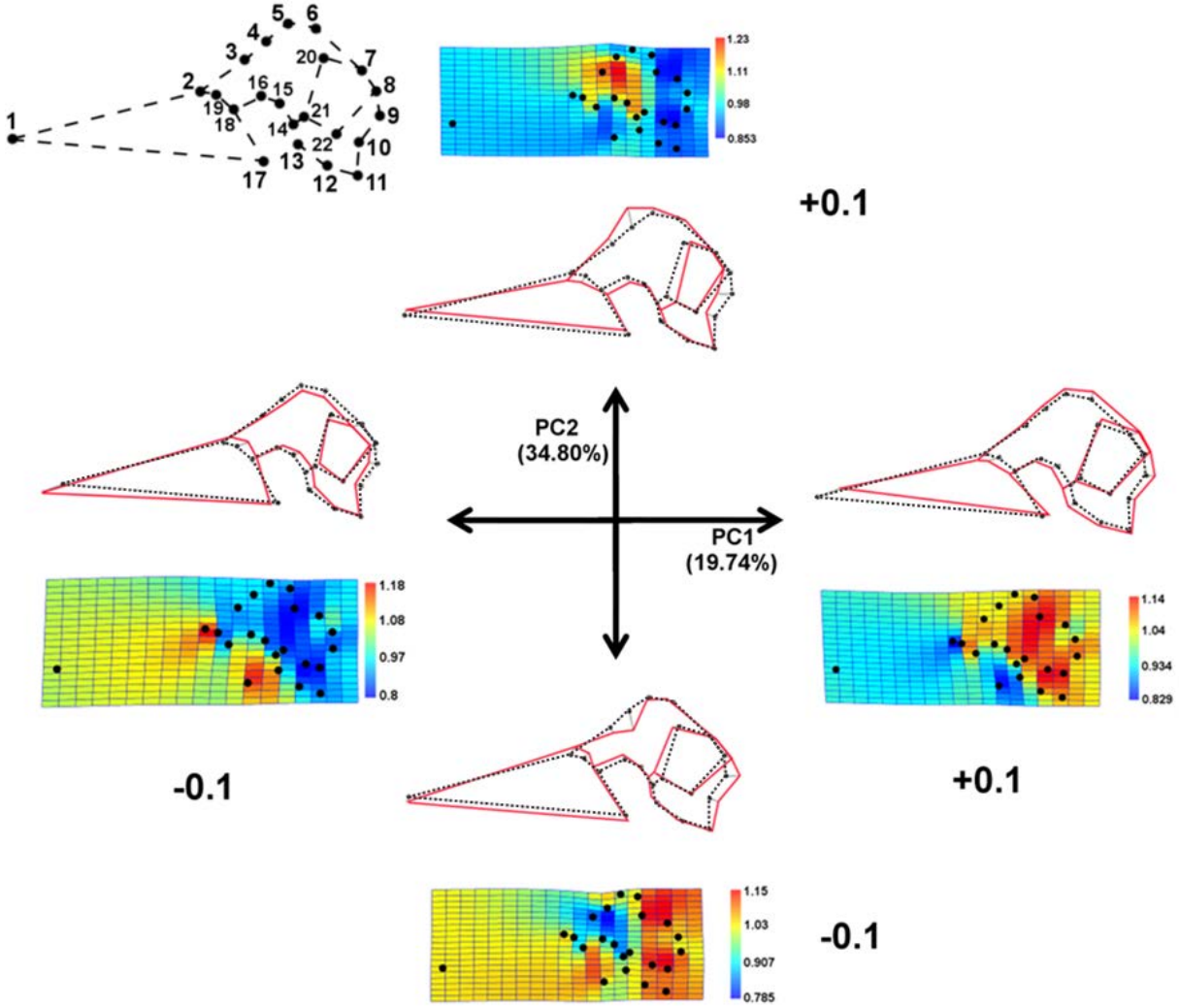
Com escores mais negativos do PC2, estão os indivíduos identificados como *T. gephyreus*.

De uma maneira geral, o rostro é inclinado para baixo em relação ao côndilo occipital e é alongado (marcada vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 1); neurocrânio possui uma aspecto geral mais delicado; há uma robustez do complexo: osso lacrimal, extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital e processo pré-orbital do osso frontal (vetorização em direção postero-superior dos *landmarks* 2, 18 e 19); região do vértice é pouco pronunciada e com aspecto cônico (marcada vetorização em direção inferior do *landmark* 4, e a discreta vetorização em direção inferior dos *landmarks* 5 e 6); fossa temporal é robusta, ocupando grande parte do neurocrânio, e com suas cristas pronunciadas posteriormente; côndilo occipital é marcadamente pronunciado e posiciona-se posteriormente às cristas temporais (vetorização em direção posterior do *landmark* 9); há um discreto afilamento da área que abrange o exoccipital e o esquamosal, com a extremidade posterior do exoccipital pouco pronunciada em direção posterior (discreta vetorização em direção superior dos *landmarks* 11, 12 e 13); a curvatura ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal é acentuada e levemente

côncava (vetorização em direção superior dos *landmarks* 15, 16 e 18); o pterigoide encontra-se pronunciado e próximo do neurocrânio (vetorização em direção anteroinferior do *landmark* 17) (**Figura 39**).

Resumo da descrição da forma – Levando-se em consideração as variações observadas tanto no PC1, quanto no PC2, os indivíduos reconhecidos como *T. gephyreus* possuem um crânio com o rostro mais inclinado para baixo e alongado, o neurocrânio é mais delicado, as fossas temporais são robustas ocupando quase toda a lateral do neurocrânio, o côndilo occipital é pronunciado e o pterigoide é mais pronunciado e afastado do neurocrânio. Enquanto os indivíduos identificados como *T. truncatus* possuem o crânio com o rostro mais paralelo ao côndilo occipital e curto, neurocrânio mais robusto, fossas temporais menos robustas, côndilo occipital pouco pronunciado e pterigoide curto e próximo ao neurocrânio.

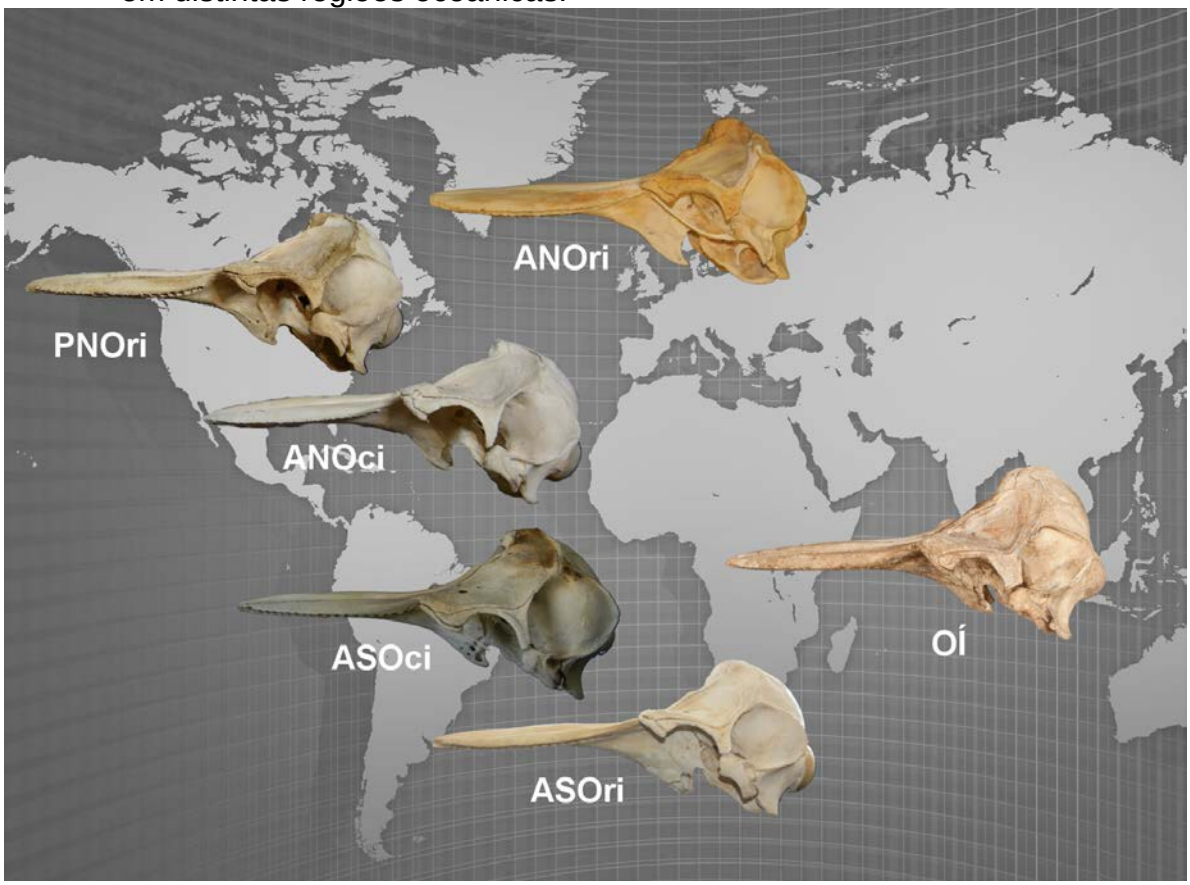
Figura 39 – Variações cranianas entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*, em vista lateral, ao longo dos eixos PC1 e PC2.



Legenda: As variações (linha vermelha contínua) podem ser observadas nos *wireframes* em relação à forma média (linha cinza pontilhada) e nos gradis de deformação (*Thin-Plate Splines*), associados aos Fatores de Expansão de Jacobian que medem o grau de expansão ou contração local, no gradil: amarelo ao vermelho alaranjado para fatores > 1, indicando expansões; e azul claro a azul escuro para fatores entre 0 e 1, indicando contrações. No canto superior esquerdo, está a numeração dos *landmarks*.

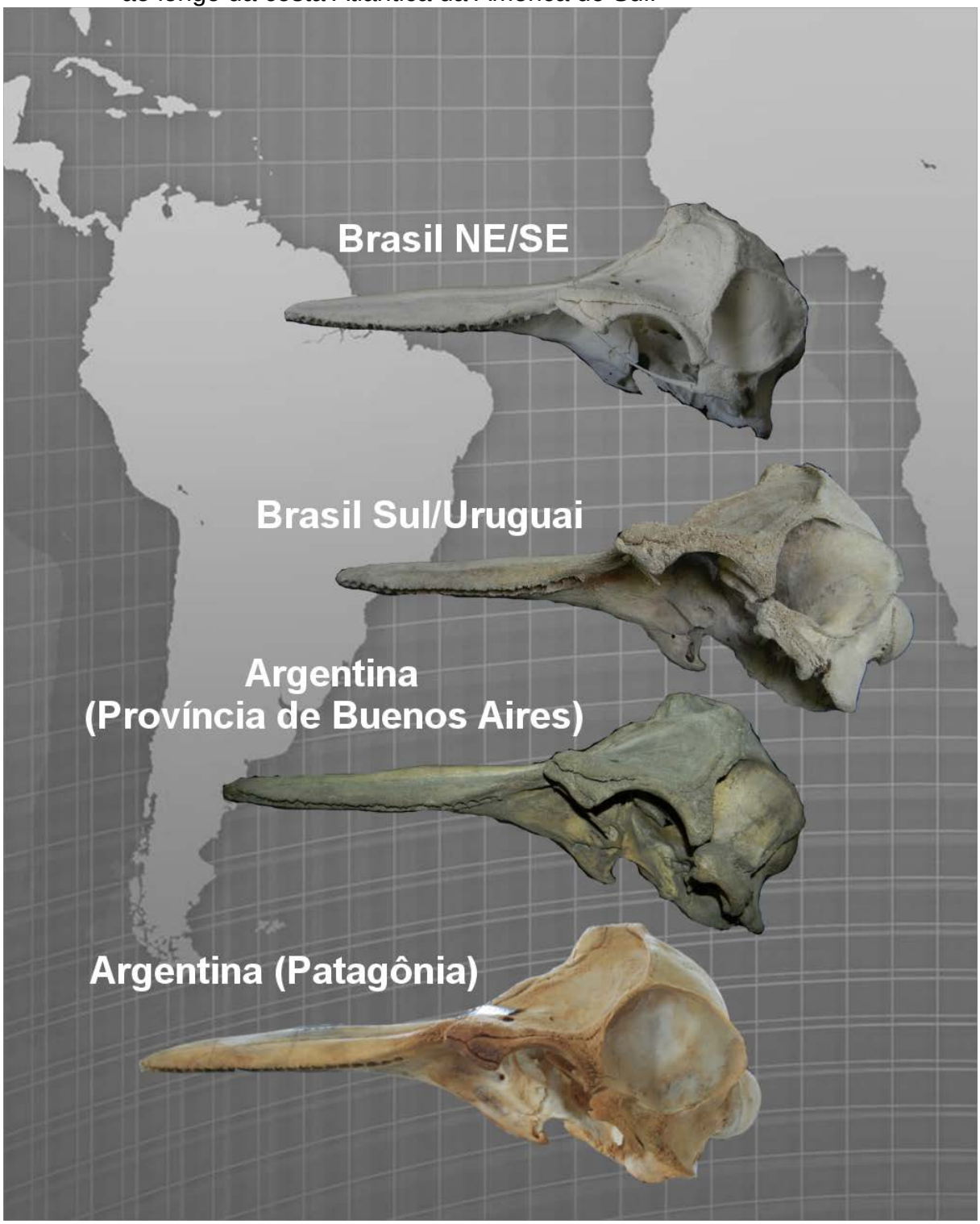
<u>*Visualização dos crânios*</u> – As diferentes morfologias cranianas de *T. truncatus*, em vista lateral, podem ser visualizadas na **Figura 40**, tendo em vista sua distribuição oceânica; na **Figura 41**, tendo em vista sua ampla distribuição ao longo da costa Atlântica da América do Sul; e na **Figura 42**, tendo em vista discussões taxonômicas relativas à ocorrências nesta área, em que se assume a ocorrência de duas espécies, *T. truncatus* e *T. gephyreus*.

Figura 40 – Diferentes morfologias cranianas, em vista lateral, de *Tursiops truncatus*, em distintas regiões oceânicas.



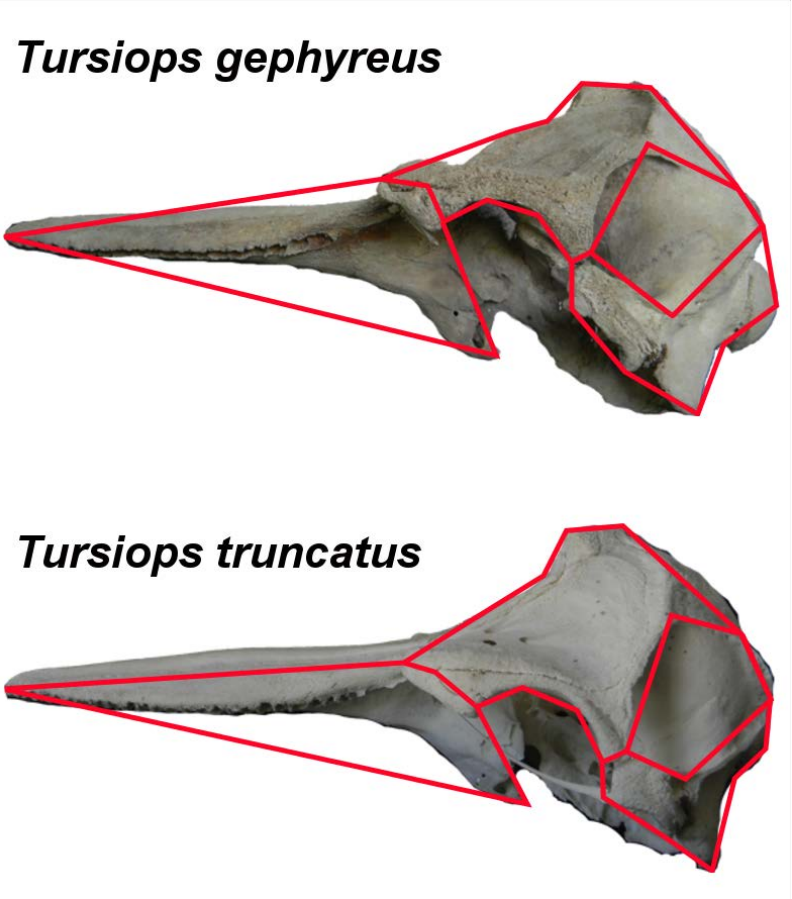
Legenda: A figura não possui escala, pois não leva em conta variação de tamanho, somente estão representadas variações de forma. Legenda: PNOri = Pacífico Norte Oriental; ANOci = Atlântico Norte Ocidental; ANOri = Atlântico Norte Oriental; ASOci = Atlântico Sul Ocidental; ASOri = Atlântico Sul Oriental; OÍ = Oceano Índico.

Figura 41 – Diferentes morfologias cranianas, em vista lateral, de *Tursiops truncatus*, ao longo da costa Atlântica da América do Sul.



Legenda: A figura não possui escala, pois não leva em conta variação de tamanho, somente estão representadas variações de forma.

Figura 42 – Diferentes morfologias cranianas, em vista lateral, entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*, tendo em vista discussões taxonômicas presentes ao longo da costa Atlântica da América do Sul.



Legenda: A figura não possui escala, pois não leva em conta variação de tamanho, somente estão representadas variações de forma. Os *wireframes* em vermelho foram baseados nos *landmarks* selecionados para este estudo e apenas representam o que seria a forma geométrica para esses dois exemplares especificamente, sem nenhum tipo de análise morfométrica executada.

6 **DISCUSSÃO**

6.1 **Reconhecimento de variações em *Tursiops* em diferentes regiões oceânicas**

Os golfinhos-nariz-de-garrafa possuem uma distribuição cosmopolita e apresentam variações morfotípicas entre as diferentes regiões em que ocorrem. Por exemplo, morfotipos apontados para o Oceano Pacífico Oriental (*T. gilli* e *T. nuuanu*), Oceano índico (*T. aduncus*), Oceano Atlântico Sul Ocidental (*T. truncatus* e *T. gephyreus*) e costa sul e sudeste da Austrália (*T. australis*), diferem em coloração, dimensões corporais e estruturas cranianas (Walker, 1981; Ross & Cockcroft, 1990; Barreto, 2004; Wickert, 2010; Charlton-Robb *et al.,* 2011). Além disso, dentro de uma mesma região (*e.g.*, Norte da Flórida, Escócia, América do Sul), distinções entre formas costeiras e pelágicas também são reconhecidas e podem ter como indicadores a morfologia, o tipo de presa e o tipo de parasita (Mead & Potter, 1995; Hoelzel *et al.*, 1998; Barreto, 2000).

Nenhum estudo de espectro transoceânico havia sido feito com o gênero *Tursiops*, até Natoli *et al.* (2004) realizarem uma análise molecular baseada em microssatélite e DNA mitocondrial. Os autores encontraram diferenças significativas entre populações das seguintes regiões: Atlântico Norte Oriental, Pacífico Norte Oriental, Mar Mediterrâneo, Atlântico Norte Ocidental (pelágico e costeiro), Golfo do México, Atlântico Oriental (representado por espécimes da costa oeste da África), Bahamas, África do Sul (costa voltada para o Oceano Índico), formas *truncatus* e *aduncus* chinesa. Natoli *et al.* (2004) verificaram que as formas costeiras possuem menor variabilidade nas regiões estudadas e foram, na maioria dos casos, diferenciadas significativamente das formas pelágicas. Mas, mesmo assim, as diferenças entre as regiões geográficas foram claras.

No presente estudo, foi verificada a existência de variações cranianas transoceânicas em *T. truncatus* ao longo de sua distribuição geográfica. Os crânios analisados em vistas dorsal e lateral indicaram clara diferenciação entre os grupos analisados, sendo a vista dorsal mais distintiva. Os resultados apresentados

corroboraram a hipótese inicial de que há grandes variações cranianas entre *Tursiops truncatus,* tendo em vista sua ampla distribuição geográfica, assim como Natoli *et al.* (2004) encontraram em nível molecular.

Além disso, a análise feita somente abrangendo a costa do Atlântico Sul Ocidental apontou a existência de quatro formas cranianas distintas para *T. truncatus*: Brasil NE/SE; Brasil Sul/Uruguai; Argentina (Província de Buenos Aires); e Argentina (Patagônia). Muitas das diferenças encontradas na América do Sul estão, provavelmente, relacionadas ao reconhecimento por Barreto (2000; 2004) e Wickert (2010) de duas espécies, *T. gephyreus* (sul de Santa Catarina, mais costeira) e *T. truncatus* (norte de Santa Catarina, mais pelágica).

Existe uma separação clara entre os indivíduos que ocupam o Pacífico Norte Oriental e os que ocupam o Oceano Atlântico. Dentro do Oceano Atlântico, há uma nítida separação longitudinal geográfica entre os indivíduos que ocupam o Atlântico Oriental (Reino Unido+África do Sul/Namíbia) e os que ocupam o Atlântico Ocidental (América do Sul+Flórida/Golfo do México). A separação latitudinal entre os indivíduos do Atlântico Sul Ocidental (América do Sul) e os do Atlântico Norte Ocidental (Flórida/Golfo do México), bem como entre os indivíduos do Atlântico Norte Oriental (Reino Unido) e os do Atlântico Sul Oriental (África do Sul/Namíbia), não é tão marcada quanto aquela observada para a longitudinal, mas ainda assim é evidenciada.

A nítida separação longitudinal entre os grupos pode estar ligada à existência de formas pelágicas e costeiras. Por exemplo, na África do Sul ocorrem duas espécies, *T. aduncus* e *T. truncatus*, com *T. truncatus* ocupando águas rasas um pouco mais afastada da costa, e *T. aduncus* ocupando ambientes costeiros (Hale *et al.*, 2000). Em águas escocesas, também existem grupos que são costeiros e outros pelágicos (Cheney *et al.*, 2013). Na costa Atlântica da América do Sul, ocorre *Tursiops* nas duas regiões, com a hipótese de que *T. truncatus* seja mais pelágico e *T. gephyreus* mais costeiro (Barreto, 2000). Formas pelágicas e costeiras também estão presentes na Flórida (Blair *et al.*, 1981). Assim, devido à natureza dos crânios analisados (espécimes pelágicos ou costeiros), provavelmente há uma separação transoceânica entre formas mais pelágicas e outras mais costeiras.

6.2 **Hipótese morfofuncional das variações cranianas**

As principais variações encontradas, no presente estudo, para a vista dorsal do crânio abrangem: a espessura e tamanho do rostro e do neurocrânio; a projeção das cristas temporais, que pode possuir relação com a idade dos animais, já que indivíduos mais velhos tendem a ter essas cristas mais proninciadas; a posição das extremidades das pré-maxilas em relação ao orifício nasal; a posição e espessura do orifício nasal; e a assimetria existente entre os lados direito e esquerdo do crânio. Já para a vista lateral, as principais variações abrangem: a inclinação do rostro em relação ao côndilo occipital; a projeção dorsal da região do vértice; o desenvolvimento das fossas temporais; e a posição da extremidade do pterigoide.

Em odontocetos a morfologia do crânio está relacionada com a capacidade de se alimentar por sucção, uma adaptação para captura de presas em ambiente aquático, que é observada em diferentes espécies de baleias e golfinhos (Werth, 2006a). Neste contexto, os indivíduos com cabeça robusta e rostro mais curto possuem um melhor desempenho nesse tipo de captura de presas, pois são capazes de gerar maiores pressões negativas para a sucção (Werth, 2006a; 2006b).

Os resultados aqui obtidos indicaram que, para a vista dorsal do crânio, numa visão oceânica, os indivíduos do Pacífico Norte Oriental e do Atlântico Oriental possuem o crânio mais robusto e com rostro curto, podendo ser um indicativo de um poder de sucção melhor do que o dos indivíduos do Atlântico Ocidental. Da mesma forma, no Atlântico Oriental, os indivíduos do Sul poderiam ser os melhores adaptados a esse tipo de alimentação, enquanto que no Atlântico Ocidental, seriam os indivíduos do Norte. Já na análise feita somente com os indivíduos do Atlântico Sul Ocidental, os indivíduos do Brasil NE/SE parecem ser mais adaptados ao tipo de alimentação por sucção do que os indivíduos do Brasil Sul/Uruguai e Argentina. O mesmo resultado foi visto analisando indivíduos identificados como *T. truncatus* e *T.gephyreus*, em que os de *T. truncatus* poderiam ser mais adaptados para esse tipo de alimentação. Entretanto, de acordo com Werth (2006a), odontocetos com o rostro mais alongado podem compensar o pior desempenho para sucção aumentando a velocidade ou a força de retração e depressão hiolingual, com músculos maiores e mais rápidos.

Além do comprimento do rostro, a morfologia das fossas temporais também possuem um importante papel no que se refere à alimentação. Kurihara & Oda (2009) fizeram um estudo ontogenético das variações morfológicas em crânios de *T. truncatus* dos oceanos Pacífico, Atlântico e Índico. Os autores observaram que o comprimento do rostro e a largura das fossas temporais demonstraram alometria positiva, em relação ao comprimento do crânio, refletindo no desenvolvimento do aparato alimentar. Para o comprimento do rostro, isso significa um aumento da variedade de presas capturadas e um aumento da velocidade de fechamento da boca. Já para a fossa temporal, isso se traduz no desenvolvimento dos músculos temporais, que está ligado à força de oclusão da mandíbula.

Os resultados aqui encontrados, para a vista lateral do crânio, em uma visão oceânica, apontaram que os indivíduos do Atlântico Sul Ocidental, Pacífico Norte Oriental e Atlântico Norte Oriental possuem a região temporal mais robusta, o que poderia indicar uma maior inserção de musculatura temporal, o que proporciona maior força de oclusão da mandíbula. Da mesma forma, analisando o Atlântico Sul Ocidental, os indivíduos do Brasil Sul/Uruguai e Argentina (Patagônia) poderiam possuir maior força de oclusão da mandíbula e esse mesmo resultado foi achado para os indivíduos identificados como *T. gephyreus*.

No que diz respeito a inferências no melhor desempenho para a alimentação por succção entre diferentes grupos *T. truncatus*, é preciso salientar que as variações cranianas, por mais marcadas que sejam, são menos expressivas do que aquelas observadas entre as diferentes espécies estudadas por Werth (2006a). Sendo assim, estudos biomecânicos associados às variações morfológicas cranianas de *T. truncatus* encontradas no presente estudo são necessários.

Variações no nível de inclinação do rostro em relação ao côndilo occipital ou a coluna vertebral está relacionada ao modo de forrageio (Galatius, 2010; Loy *et al*., 2011; Monteiro-Filho *et al*., 2002). O rostro inclinado para baixo sugere uma forma que facilita o forrageio em águas rasas de ambientes costeiros (Monteiro-Filho *et al.*, 2002). Por outro lado, o rostro mais alinhado com o côndilo ou coluna vertebral está relacionado com os indivíduos que forrageiam em águas mais profundas de ambientes pelágicos (Galatius, 2010; Loy *et al*., 2011).

Como exemplo, pode-se citar o estudo de Barros & Wells (1998), no qual os autores observaram indivíduos de *T. truncatus*, ocorrentes na Baía de Sarasota,

Flórida, forrageando em águas rasas, entre 2 a 3m de profundidade. Os resultados do presente estudo mostram que os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental representados por exemplares da Flórida tendem a possuir o rostro inclinado para baixo, morfologia relacionada com forrageio em águas rasas, segundo Monteiro-Filho *et al.*(2002).

No Atlântico Sul Ocidental, os indivíduos do Brasil Sul/Uruguai, em sua grande maioria identificados como *T. gephyreus* de acordo com Wickert (2010), são uma forma hipoteticamente mais costeira (Barreto, 2000). Os resultados aqui obtidos mostraram que exemplares de *T. gephyreus* possuem o rostro inclinado para baixo, o que está de acordo com o tipo de habitat costeiro (Monteiro-Filho *et al.*, 2002). Além disso, esses animais possuem o rostro alongado e o neurocrânio mais discreto, sendo esse padrão de morfologia craniana relacionada com um déficit no tipo de alimentação por sucção, de acordo com Werth (2006a). Entretanto, de acordo com Kurihara & Oda (2009) a morfologia do crânio desses animais está ligada a um rápido fechamento da boca, por possuir um rostro alongado, além de um aumento da força de oclusão da mandíbula, por possuir fossas temporais mais desenvolvidas, aumentando a área de inserções musculares.

Por outro lado, os indivíduos do Brasil NE/SE classificados como *T. truncatus* são uma forma hipoteticamente mais pelágica (Barreto, 2000). Os resultados do presente estudo mostram que esses indivíduos tendem a possuir o rostro mais alinhado em relação ao côndilo occipital, o que está de acordo com o tipo de habitat pelágico (Monteiro-Filho *et al.*, 2002). Esses animais possuem o rostro curto e o neurocrânio mais robusto, sendo esse padrão de morfologia craniana relacionada com um aumento da capacidade de se alimentar por sucção, de acordo com Werth (2006a). Entretanto, de acordo com Kurihara & Oda (2009) a morfologia do crânio desses animais está ligada a uma menor velocidade de fechamento da boca, por possuir um rostro curto, além de uma diminuição da força de oclusão da mandíbula, por possuir fossas temporais menos desenvolvidas, diminuindo a área de inserções musculares.

O crânio de odontocetos além de possuir um aparato para obtenção de alimento, aloja também todas as estruturas relacionadas com a ecolocalização. Em delfinídeos, características como - fusão do ouvido médio e interno formando o complexo tímpano-periótico; migração do complexo bular do crânio; presença de

seios aéreos ao redor da bula; lábios fônicos; melão; e mandíbulas preenchidas com o chamado tecido gorduroso acústico - associadas com a assimetria craniana, formam um conjunto de adaptações para a ecolocalização em ambiente oceânico (Houser *et al.*, 2004; Sydney *et al.*, 2012). Por exemplo, o orifício nasal e a região do vértice estão deslocados a esquerda da linha média do crânio (Cranford *et al.*, 1996). Os resultados encontrados no presente estudo também demonstraram alto grau de assimetria craniana, envolvendo a posição do orifício nasal no neurocrânio, bem como a robustez dessa região nos diferentes grupos de *T. truncatus*. Essas variações poderiam estar relacionadas com a potencialização do sistema de ecolocalização desses animais, nas diferentes regiões oceânicas.

Barros & Wells (1998) analisaram o conteúdo estomacal de 16 exemplares de *T. truncatus* ocorrentes na Baía de Sarasota e verificaram que sua dieta inclui principalmente peixes que propagam sons, como: *pinfish* (*Lagodon rhomboides*); tainha listrada (*Mugil cephalus*); roncador mexicano (*Orthopristis chrysoptera*); e *spot* (*Leiostomus xanthurus*). Os autores concluíram, portanto, que a audição seria um importante fator na detecção das presas. No presente estudo, os indivíduos do Atlântico Norte Ocidental (Flórida/Golfo do México) possuem o orifício nasal marcadamente deslocado para a esquerda de acordo com as variações observadas no CV1 e CV2, e um crânio robusto no CV4. Esta poderia ser uma condição favorável ao uso do sistema de ecolocalização. Entretanto, o número de indivíduos analisados para essa localidade é pequeno para sustentar tal hipótese.

6.3 **Validação de *Tursiops gephyreus***

A morfologia tem sido utilizada para evidenciar diferenças entre espécies de diversos cetáceos (Perrin, 1975; Wang *et al.*, 2000b; Barreto, 2000; Hale *et al.*, 2000; Beasley *et al.*, 2005; Wickert, 2010). Por exemplo, Heyning & Perrin (1994), demonstraram a presença de duas espécies do gênero *Delphinus*, no Pacífico Norte Oriental, levando em consideração a morfologia craniana, contagem de dentes e vértebras, comprimento total e coloração. Monteiro-Filho *et al.* (2002), analisando a morfologia craniana de golfinhos do gênero *Sotalia*, através de morfometria

geométrica, verificaram que as populações da Bacia Amazônica diferem em relação as populações marinhas. Então, sugeriram a separação do gênero, inicialmente com uma única espécie reconhecida, em duas espécies distintas (*S. fluviatilis* e *Sotalia guianensis*). Beasley *et al.* (2005) sugeriram a existência de duas espécies do gênero *Orcaella*, uma ocorrendo na Austrália (*Orcaella heinsohni*) e outra na Ásia (*Orcaella brevirostris*), analisando dados morfológicos e genéticos. Charlton-Robb *et al.* (2011) propuseram a existência de uma nova espécie de *Tursiops* endêmica de águas costeiras do Sul e Sudeste da Austrália, denominada *T. australis*, mediante diferenças morfológicas, genéticas e comportamentais, e padrões de coloração.

Na costa Atlântica da América do Sul, existe uma grande discussão taxonômica envolvendo a espécie *T. truncatus*. Estudos buscando o reconhecimento de novas espécies/subespécies foram realizados. Por exemplo, Barreto (2000) propôs a existência de duas formas de *T. truncatus* (norte e sul) para o Oceano Atlântico Sul Ocidental, com os limites de distribuição no estado de Santa Catarina, Brasil. Para a forma sul, sugeriu que fosse utilizada a subespécie *T. t. gephyreus.* Mais tarde, Barreto (2004) defendeu a validação de *T. gephyreus*, devido ao fato de existirem características métricas diagnosticáveis e ausência de híbridos na área de simpatria com *T.truncatus.* Wickert (2010), através de morfometria craniana tradicional, propôs a validação de *T. gephyreus*. Porém, somente uma espécie (*T. truncatus*) é reconhecida para o Oceano Atlântico (*e.g.* Barreto *et al.*, 2010; Paglia *et al.*, 2012).

De acordo com Barreto (2000) e Wicket (2010), uma das distinções entre *T. gephyreus* e *T. truncatus* está relacionada ao tamanho, com *T. gephyreus* apresentando maiores medidas do que *T. truncatus*, incluindo a medida côndilo-basal do crânio. Analisando a forma do crânio dessas duas espécies, foi visto que o maior comprimento do crânio de *T. gephyreus* pode estar relacionado com o rostro alongado, já que o neurocrânio possui menores dimensões do que visto para *T. truncatus*.

A forma geométrica obtida para os crânios de *T. truncatus* e *T. gephyreus* corroboram a análise descritiva feita por Wickert (2010), apresentando características diagnósticas na morfologia do crânio para a distinção dessas duas espécies. Aqui foi visto que a pré-maxila direita projeta-se até a borda posterior do orifício nasal, estando relacionado com o aspecto falciforme desta estrutura em *T.*

gephyreus, descrita por Wickert (2010). Por outro lado, a pré-maxila direita projeta-se ultrapassando a borda posterior do orifício nasal em *T. truncatus*. Além disso, em *T. gephyreus,* há marcado afastamento da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro, o que é explicado pelo aspecto bifurcado da incisura antorbital, descrita por Wickert (2010). Por outro lado, em *T. truncatus* há marcada aproximação da extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital em relação ao rostro, o que é explicado pelo aspecto côncavo dessa estrutura, sem bifurcação.

Tanto Barreto (2000, 2004) quanto Wickert (2010) realizaram estudos refinados para a validação da espécie *T. gephyreus*. O presente estudo também evidencia a distinção entre *T. truncatus* e *T. gephyreus*, através da morfometria geométrica, no qual ficou nítida a separação dessas duas espécies, de acordo com a morfologia craniana. Além disso, pode-se observar que os resultados das análises de variações geográficas ao longo da costa Atlântica da América do Sul, estão de acordo com esta distinção interespecífica. Sendo assim, os resultados obtidos aqui reforçam a proposta de validação da espécie *T. gephyreus*, ocupando a região ao sul de Santa Catarina, Brasil. Foi observado que na região mais ao sul da costa Atlântica da América do Sul, abrangendo as populações ocorrentes nas latitudes referentes ao Brasil Sul/Uruguai, Argentina (Província de Buenos Aires) e Argentina (Patagônia), houve diferenças significativas na morfologia do crânio que separam esses grupos. Isso posto, com o aumento da amostra aqui utilizada poder-se-ia reforçar a ideia de variação morfológica em menor escala em populações ao longo da região sul e norte dessa localidade, pois o mesmo pode estar ocorrendo na região ao norte de Santa Catarina, Brasil.

CONCLUSÕES

- O presente estudo é o primeiro a obter um banco de dados sobre variações cranianas em *T. truncatus* em diferentes regiões oceânicas.

- Os resultados podem ser utilizados para embasar os argumentos para discussões taxonômicas, ora em andamento, que envolvem o gênero *Tursiops* e sua distribuição cosmopolita.

- As diferenças encontradas na morfologia do crânio de *T. truncatus* parecem estar de acordo com os diferentes ambientes ocupados pela espécie, o que influencia na forma de captura de presa e forrageio.

- A espécie *T. gephyreus* é válida.

- Tendo em vista as variações cranianas apresentadas na região sul de Santa Catarina, que também podem estar ocorrendo ao norte, o aumento da amostra aqui utilizada permitirá a confirmação de variação morfológica em menor escala em populações ao longo da região sul e norte dessa localidade.

REFERÊNCIAS

ADAMS, D. C.; ROHLF, F. J., SLICE, D. E. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, v. 71, n.1, p. 5-16, 2004.

AMANO, M.; MIYAZAKI, N. Geographic variation and sexual dimorphism in the skull of Dall's porpoise, Phocoenoides dalli. *Marine Mammal Science*, v. 8, n. 3, p. 240-261, 1992.

AMARAL, A. R.; COELHO, M. M.; MARUGÁN-LOBÓN, J.; JAMES ROHLF, F. Cranial shape differentiation in three closely related delphinid cetacean species: Insights into evolutionary history. *Zoology*, v. 112, n. 1, p. 38-47, 2009.

BARRETO, A. S. *Variação craniana e genética de Tursiops truncatus (Delphinidae, Cetacea) na Costa Atlântica da América do Sul.* 2000. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Oceanografia. Universidade do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2000.

BARRETO, A. S. *Tursiops* in Atlantic South America: is *Tursiops gephyreus* a valid species? In: *Symposium on Cetacean Systematics*, 28-29 April, 2004, La Jolla, USA.

BARRETO, A. S. *et al.* Plano de ação nacional para a conservação de pequenos cetáceos. Brasília, DF.: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2010.

BARROS, N. B.; WELLS, R. S. Prey and feeding patterns of resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. *Journal of Mammalogy*, p. 1045-1059, 1998.

BEASLEY, I.; ROBERTSON, K. M.; ARNOLD, P. Description of a new dolphin, the Australian snubfin dolphin *Orcaella heinsohni* sp. n. (Cetacea, Delphinidae). *Marine Mammal Science*, v. 21, n. 3, p. 365-400, 2005.

BLAIR, A.; SCO, D.; KAUFMANN, H. Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. *Fishery bulletin*, v. 79, n. 4, 1981.

BOOKSTEIN, F. L. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

BOOKSTEIN, F. L. Landmark methods for forms without landmarks: Morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis*, v. 1, n. 3, p. 225-43, 1997.

BRUYN, P. N.; TOSH, C. A.; TERAUDS, A. Killer whale ecotypes: is there a global model? *Biological Reviews*, v. 88, n. 1, p. 62-80, 2013.

CHARLTON, K.; TAYLOR, A. C.; McKECHNIE, S. W. A note on divergent mtDNA lineages of bottlenose dolphins from coastal waters of southern Australia. *Journal of Cetacean Research & Management*, v. 8, p. 173–179, 2006.

CHARLTON-ROBB, K.; GERSHWIN, L. A.; THOMPSON, R.; AUSTIN, J.; OWEN, K.; McKECHNIE, S. A new dolphin species, the burrunan dolphin *Tursiops australis* sp. nov., endemic to southern Australian coastal waters. *PloS one*, v. 6, n. 9, e24047, 2011.

CHENEY, B. *et al.* Integrating multiple data sources to assess the distribution and abundance of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in Scottish waters. *Mammal Review*, v. 43, n. 1, p. 71-88, 2013.

COMMITTEE ON TAXONOMY. List of marine mammals species and subspecies. Society for Marine Mammalogy. Disponível em: http://www.marinemammalscience.org Acesso em: 23 nov. 2014.

CRANFORD, T. W.; AMUNDIN, M.; NORRIS, K. S. Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation. *Journal of Morphology*, v. 228, n. 3, p. 223-285, 1996.

FORDYCE, R. E.; BARNES, L. G. The evolutionary history of whales and dolphins. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 22, p. 419-455, 1994.

FRUET, P. F.; SECCHI; E. R.; DI TULLIO, J. C.; KINAS, P. G. Abundance of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae), inhabiting the Patos Lagoon estuary, southern Brazil: Implications for conservation. *Zoologia (Curitiba)*, v. 28, n. 1, p. 23-30, 2011.

FRUET, P. F.*et al.* Remarkably low genetic diversity and strong population structure in common bottlenose dolphins (Tursiops truncatus) from coastal waters of the Southwestern Atlantic Ocean. *Conservation Genetics*, p. 1-17, 2014.

GALATIUS, A. Paedomorphosis in two small species of toothed whales (Odontoceti): how and why? *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 99, n. 2, p. 278-295, 2010.

GEISE, L. *Estrutura social, comportamental e populacional de Sotaliasp. (Gray, 1886) (Cetacea, Delphinidae) na região estuarino-lagunar de Cananéia, SP e na Baía de Guanabara, RJ.* Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil, 1989.

GEISE, L., GOMES, N.; CERQUEIRA, R. Behaviour, habitat use and population size of *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) (Cetacea, Delphinidae) in the Cananéia estuary region, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 59, n. 2, p. 183-194, 1999.

GOODALL, R.; DELLABIANCA, N.; BOY, C.; BENEGAS, L.; PIMPER, L.; RICCIALDELLI, L. Review of Small Cetaceans Stranded or Incidentally Captured on the Coasts of Tierra del Fuego, Argentina, over 33 years. *International Whaling Commission Working Paper* SC/60/SM21, 2008.

GUNZ, P.; MITTEROEKER, P.; BOOKSTEIN, F. L. Semilandmarks in three dimensions. In: Slice, D. E. (Ed.): *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. Chicago: University of Chicago Press, 2005, pp. 73-98.

HALE, P. T.; BARRETO, A. S.; ROSS, G. J. B. Comparative morphology and distribution of the aduncus and truncatus forms of bottlenose dolphin Tursiops in the Indian and Western Pacific Oceans. *Aquatic Mammals*, v. 26, n. 2, p. 101-110, 2000.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, 2001.

HERSHKOVITZ, P. Catalog of living whales. *U.S. Natural Museum Bulletin*, n. 246, Washington, DC: Smithsonian Institution, 1966.

HETZEL, B.; LODI, L. *Baleias, Botos e Golfinhos. Guia de Identificação para o Brasil.* Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1993.

HEYNING, J. E.; PERRIN, W. F. Evidence for two species of Common Dolphins (Genus *Delphinus*) from the Eastern North Pacifc. *Natural History Museum of Los Angeles County - Contribuitions in Science*, v. 442, p. 1-35, 1994.

HOELZEL, A. R., POTTER, C. W.; BEST, P. B. Genetic differentiation between parapatric ‘nearshore’and ‘offshore’ populations of the bottlenose dolphin. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 265, n. 1402, p. 1177-1183, 1998.

HOUSER, D. S.*et al.* Structural and functional imaging of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) cranial anatomy. *Journal of Experimental Biology*, v. 207, n. 21, p. 3657-3665, 2004.

JEFFERSON, T. A.; LEATHERWOOD, S.; WEBBER, M. A. FAO species identification guide. *Marine mammals of the world.* Roma: FAO, 1993. p. 320.

JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A.; PITMAN, R. L. *Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to Thier Identification*. Elsevier: Academic Press, 2008. pp. 573.

KINGSTON, S. E.; ADAMS, L. D.; ROSEL, P. E. Testing mitochondrial sequence and anonymous nuclear markers for phylogeny reconstruction in a rapidly radiating group: molecular systematics of the *Delphininae* (Ceatcea: Odontoceti:Delphinidae). *BMC Evolutionary Biology*, v. 9, p. 245, 2009.

KLINGENBERG, C. P. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, v. 11, n. 2, p. 353-357, 2011.

KLINOWSKA, M. *Dolphins, Porpoises and Whales of the World:* The IUCN Red Data Book. Cambrige: IUCN, 1991.

KURIHARA, N.; ODA, S. I. Effects of size on the skull shape of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Mammal study*, v. 34, n. 1, p. 19-32, 2009.

LAHILLE, F. Nota sobre un delfín. *Anales del Museo Nacional*, p. 347-367, 1908.

LEATHERWOOD, S.; REEVES, R. R. *The Bottlenose Dolphin*. San Diego: Academic Press, 2000.

LOY, A.; TAMBURELLI, A.; CARLINI, R.; SLICE, D. E. Craniometric variation of some Mediterranean and Atlantic populations of *Stenella coeruleoalba* (Mammalia, Delphinidae): A three dimensional geometric morphometric analysis. *Marine Mammal Science*, v. 27, n. 2, p. 65-78, 2011.

MAcLEOD, N. Landmarks and semilandmarks: differences without meaning and meaning without difference. *The Palaeontological Association Newsletter*, v.82, p. 32-43, 2013.

MEAD, J. G.; FORDYCE, R. E. The therian skull: a lexicon with emphasis on the odontocetes. *Smithsonian Contributions to Zoology*, n. 627, p. 1-248, 2009.

MEAD, J. G.; POTTER, C. W. Recognizing two populations of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) of the Atlantic coast of North America-morphologic and ecologic considerations. 1995. Disonível em: http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AV20120137461 Acesso em: 12 out. 2014.

MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. *Princípios de Morfometria Geométrica*. São Paulo: Holos, 1999, pp.189.

MONTEIRO-FILHO, E. L. D. A., MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. D. Skull shape and size divergence in dolphins of the genus Sotalia: a tridimensional morphometric analysis. *Journal of Mammalogy*, v. 83, n. 1, p. 125-134, 2002.

MORAES, D. A. A morfometria geométrica ea “Revolução na Morfometria” localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. *Bioletim–Rev. Divul. Cient. Estud.Biol*., v. 3, p. 1-5, 2004.

MORENO, I. B.; OTT, P. H.; TAVARES, M.; OLIVEIRA, L. R. D.; DANILEWICZ, D.; SICILIANO, S.; BONNATO, S. L. Os cetáceos com ênfase no golfinho-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In: Viana, D. D. L. (Ed.) *O Arquipélago de São Pedro e São Paulo:* 10 anos de Estação Científica. Brasília: SECIRM, 2009, 348 p.

NATOLI, A.; PEDDEMORS, V. M.; HOELZEL, A. R. Population structure and speciation in the genus *Tursiops* based on microsatellite and mitochondrial DNA analyses. *Journal of Evolutionary Biology*, v. 17, p. 363–375, 2004.

PAGLIA, A. P. *et al.* Lista anotada dos mamíferos do Brasil. *Occasional papers in conservation biology*. Minas Gerais: Edição Especial, n. 6, 2012.

PARÉS-CASANOVA, P. M.; FABRE, L. Size and Shape Variability in the Skull of the Bottlenose Dolphin, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). *Anatomia, histologia, embryologia*, v. 42, n. 5, p. 379-383, 2013.

PERRIN, W. F. Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern Pacific and Hawaii. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, v. 2 1, 206 pp., 1975.

PERRIN, W. F.; THIELEKING, J. L.; WALKER, W. A.; ARCHER, F. I.; ROBERTSON, K. M. Common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in California waters: Cranial differentiation of coastal and offshore ecotypes. *Marine Mammal Science*, v. 27, n. 4, p. 769-792, 2011.

PINEDO, M. C. *Development and variation of the franciscana (Pontoporia blainvillei)*. Santa Cruz, E.U.A: University of California, 1991, 405 pp.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. *A Vida dos Vertebrados*. 4a ed. São Paulo: Atheneu, 2008, pp.699.

RADINSKY, L. B. Evolution of skull shape in carnivores: 2. Additional modern carnivores. *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 16, n. 4, p. 337-355, 1981.

RICE, D. W. *Marine mammals of the world – systematics and distribution*. Lawrence, KS : Special Publication No. 4, Society for Marine Mammalogy, 1998, p. 231.

RICE, D. W. Classification (overall). In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. (Ed.). *Encyclopedia of marine mammals*. San Diego: CA: Academic Press, 2009. p. 234-238.

ROHLF, F. J. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.0. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, 2004.

ROHLF, F. J. TPSUtil, Version 1.38. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, 2006. Disponível em: http://life.bio.sunysb.edu/morph/ Acesso em 15 mai. 2013

ROHLF, J. F.; MARCUS, L. F. A revolution morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 8, n. 4, p. 129-132, 1993.

ROHLF, F. J.; SLICE, D. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Biology*, v. 39, n. 1, p. 40-59, 1990.

ROSS, G. J. B. The taxonomy of bottlenosed dolphins *Tursiops* species in South Africa waters, with notes on their biology. *Annals of the Cape Provincial Museum (Natural History)*, v. 11, p. 135-194, 1977.

ROSS, G. J. B.; COCKCROFT, V. G. Comments on Australian bottlenose dolphins and the taxonomic status of *Tursiops aduncus* (Ehrenberg, 1832). In: LEATHERWOOD, S.; REEVES, R. R. (Eds.). *The Bottlenose Dolpin*.San Diego: Academic Press, 1990.

SCHILLER, D. M. M. M. *Variação geográfica do boto-de-burmeister, Phocoena spinipinnis (Burmeister, 1865) (Cetacea: Phocoenidae) nas costas Atlântica e Pacífica da América do Sul.* 2006. Tese (Doutorado em Ecologia). Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2006.

SHEETS, H. D. IMP software series.2002. Disponível em: http://www.canisius.edu/~sheets/morphsoft.html/ Acesso em: 18 mai. 2013.

SICILIANO, S.; MORENO, I. B.; E SILVA, É. D.; ALVES, V. C. Baleias, botos e golfinhos da Bacia de Campos. ENSP/FIOCRUZ, 2006.

SIMÕES-LOPES, P. C; FABIAN, M. E. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil. *Revista brasileira de Zoologia*, v. 16, n. 4, p. 1017-1024, 1999.

SOARES, J. L. *Dicionário Etimológico e Circunstanciado de Biologia*. São Paulo: Scipione, 1993. pp.77.

STATSOFT Inc. Statistica data analysis system. Tulsa, 2008.

STEEMAN, M. E.; HEBSGAARD, M. B.; FORDYCE, R. E.; HO, S. Y. W.; RABOSKY, D. L. Radiation of Extant Cetaceans Driven by Restructuring of the Oceans. *Systematic Biology,* v. 58, p. 573–585, 2009.

SYDNEY, N. V. *Ontogenia e assimetria craniana do boto-cinza, Sotalia guianensis (Cetacea: Delphinidae).* 2010. Dissertação (Mestre em Ecologia). Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SYDNEY, N. V.; MACHADO, F. A.; HINGST-ZAHER, E. Timing of ontogenetic changes of two cranial regions in *Sotalia guianensis* (Delphinidae). *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, v. 77, n. 6, p. 397-403, 2012.

SYLVESTRE, J.-P.; TANAKA, S. On the inter-generic hybrids in cetaceans. *Aquatic Mammals*, v. 11, p. 101-108, 1985.

TEZANOS-PINTO, G.; BAKER, C. S.; RUSSELL, K.; MARTIEN, K.; BAIRD, R. W. A Worldwide Perspective on the Population Structure and Genetic Diversity of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in New Zealand. *Journal of Heredity*, v. 100, p.11–24, 2009.

THOMPSON, D.W. *On growth and form*. Cambridge: Cambridge University Press, 1917.

VAN WAEREBEEK, T. A. J. K. Geographic variation in skull morphology of humpback dolphins (*Sousa* spp.). *Aquatic Mammals*, v. 30, n. 1, p. 3-17, 2004.

VISCOSI, V.; CARDINI, A. Leaf morphology, taxonomy and geometric morphometrics: a simplified protocol for beginners. *PLoS One,* v. 6, n. 10: e25630, 2011.

WALKER, W. A. Geographical variation in morphology and biology of bottlenose dolphins (*Tursiops*) in the eastern North Pacific. *National Marine Fisheries Service Southwest Fisheries Center Administrative Report No.LJ-81-03C*, 1981.

WANG, J. Y.; CHOU, L. S.; WHITE, B. N. Mitochondrial DNA analysis of sympatric morphotypes of bottlenose dolphins (genus: *Tursiops*) in Chinese waters. *Molecular Ecology*, v. 8, n. 10, p. 1603-1612, 1999.

WANG, J. Y.; CHOU, L. S.; WHITE, B. N. Differences in the external morphology of two sympatric species of bottlenose dolphins (genus *Tursiops*) in the waters of China. *Journal of Mammalogy*, v. 81, n. 4, p. 1157-1165, 2000a.

WANG, J. Y.; CHOU, L. S.; WHITE, B. N. Osteological differences between two sympatric forms of bottlenose dolphins (genus *Tursiops*) in Chinese waters. *Journal of Zoology*, v. 252, n. 2, p. 147-162, 2000b.

WEBSTER, M. A. R. K.; SHEETS, H. D. A practical introduction to landmark-based geometric morphometrics. *Quantitative Methods in Paleobiology Paleontological Society Papers*, v. 16, p. 163-188, 2010.

WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In: RIDGWAY, S. H.; HARRISON, R. (Eds.). *Handbook of Marine Mammals*, Vol. 6, The Second Book of Dolphins and Porpoises, San Diego: CA: Academic Press, 1999. p.137-182.

WERTH, A. J. Mandibular and dental variation and the evolution of suction feeding in Odontoceti. *Journal of Mammalogy*, v. 87, n. 3, p. 579-588, 2006a.

WERTH, A. J. Odontocete suction feeding: experimental analysis of water flow and head shape. *Journal of Morphology*, v. 267, n. 12, p. 1415-1428, 2006b.

WICKERT, J. C. *Morfometria craniana do golfinho-nariz-de-garrafa, Turiops spp. (Mammalia: Cetacea) no litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil.* 2010. Tese (Licenciatura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, São Leopoldo, 2010.

ZELDITCH, M. L.; BOOKSTEIN, F. L.; LUNDRIGAN, B. L. Ontogeny of integrated skull growth in the cotton rat *Sigmodon fulviventer*. *Evolution*, v. 46, p. 1164–1180, 1992.

ZELDITCH, M. L.; SWIDERSKI, D. L.; SHEETS, H. D. *Geometric morphometrics for biologists:* a primer. Academic Press, 2004.

APÊNDICE A – Listagem dos exemplares de *Tursiops* analisados (N = 213). Os espécimes foram identificados como *T. truncatus* e *T. gephyreus* de acordo com Wickert (2010). Legenda: AR=Argentina; BR=Brasil; UY=Uruguai; F=fêmea; M=macho; I = incerto (continua)

Espécie	Número de Coleção	Sexo	Localidade
Delphinus truncatus	353[a]	I	Reino Unido
Tursiops dawsoni	1908-8-13-1	I	Trivandrun, Índia
Tursiops gephyreus	TTBC 220310	M	Barra do Chuí-UY
Tursiops gephyreus	ZVC 0195	I	Cabo Polonio-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2783	I	Cabo Polonio-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2875	I	Canellones-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2874	I	Canellones-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2869	I	Departamento de Maldonado-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 5878	M	Departamento de Rocha-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2872	I	Departamento de Rocha-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2871	I	Departamento de Rocha-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2683	M	Departamento de Rocha-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2870	M	Montevideo-UY
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 0704	I	Montevideo-UY
Tursiops gephyreus	IPeC 0126	F	Paraná-BR
Tursiops gephyreus	MCN/UFPR 0325	M	Paraná-BR
Tursiops gephyreus	UNMDP s/n	M	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 24122	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 283	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 13112	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 16530	M	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 20471	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 15659	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 20470	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 18106	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 2932	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MACN 18105	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops gephyreus	MORG 1056	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2068	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 1908	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 0117	M	Rio Grande do Sul-BR

(Continuação)

Espécie	Número de Coleção	Sexo	Localidade
Tursiops gephyreus	MORG 1669	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 1608	M	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 6249	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 1100	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 1310	M	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 1939	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 910	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2316	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2397	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 206	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 072	M	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 070	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2326	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2096	M	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 074	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 1044	M	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 877	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2324	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2383	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2113	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 094	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 057	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 2373	I	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	MORG 538	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1350	M	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1081	F	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1089	F	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1032	I	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1077	M	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1281	F	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1085	I	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1349	F	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UFSC 1249	I	Santa Catarina-BR

(Continuação)

Espécie	Número de Coleção	Sexo	Localidade
Tursiops gephyreus	UFSC 1116	I	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	UNIVILLE 007	F	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	MOVI 5568	I	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	MOVI 39127	I	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	MOVI 36982	F	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	MOVI 42051	F	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	MOVI 38603	M	Santa Catarina-BR
Tursiops gephyreus	MNHN-UY 2873	I	Soriano-UY
Tursiops gephyreus	ZVC 1092	M	Vila Argentina-UY
Tursiops truncatus	CCPM/IMA 0014	F	Bahia-BR
Tursiops truncatus	CCPM/IMA 0192	M	Bahia-BR
Tursiops truncatus	IBJ 05C1310/086	I	Bahia-BR
Tursiops truncatus	LACM 8589	I	Norte do Golfo da Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 27405	I	Baja Califórnia, México
Tursiops truncatus	LACM 31426	F	Ponto Vicente, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 31442	I	Baja Califórnia, México
Tursiops truncatus	LACM 54020	I	Golfo da Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 54023	I	Golfo da Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 54024	I	Golfo da Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 54025	I	Baja Califórnia, México
Tursiops truncatus	LACM 54133	I	Baja Califórnia, México
Tursiops truncatus	LACM 54181	I	Golfo da Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 54586	I	Baja Califórnia, México
Tursiops truncatus	LACM 54593	M	Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 72175	I	Sonora, México
Tursiops truncatus	LACM 72294	F	Orange County, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 72295	M	Orange County, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 72493	M	Orange County, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84029	M	Ilha de Santa Catalina, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84031	F	Ilha de Santa Catalina, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84034	M	Ilha de São Miguel, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84036	M	Ponto Vicente, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84055	M	Ilha de Santa Catalina, Califórnia

(Continuação)

Espécie	Número de Coleção	Sexo	Localidade
Tursiops truncatus	LACM 84056	F	Ilha de Santa Catalina, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84058	M	Ponto Vicente, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84059	F	Los Angeles, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84060	F	Ilha de Santa Catalina, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84065	M	Orange County, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84097	F	Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 84194	M	Los Angeles, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 85957	M	San Diego, Califórnia
Tursiops truncatus	LACM 92072	M	Los Angeles, Califórnia
Tursiops truncatus	AQUASIS 02C1310/326	I	Ceará-BR
Tursiops truncatus	AQUASIS 02C1310/325	I	Ceará-BR
Tursiops truncatus	AQUASIS 02C1310/460	I	Ceará-BR
Tursiops truncatus	AQUASIS 02C1310/375	I	Ceará-BR
Tursiops truncatus	AQUASIS 02C1310/056	I	Ceará-BR
Tursiops truncatus	AQUASIS 02C1310/031	M	Ceará-BR
Tursiops truncatus	AQUASIS 02C1310/173	I	Ceará-BR
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 37124	NI	Cape Cross, Namíbia
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 39294	I	Walvis Bay, Namíbia
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 39299	M	Danger Point, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 39300	I	Danger Point, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 39917	F	Britannia Bay, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 39918	M	Walker Bay, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 39919	M	Walvis Bay, Namíbia
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 35678	M	Adriatic Coast, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 19928	I	Noordhoek Beach, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 40480	M	Costa Atlântica da África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 39922	M	Walvis Bay, Namíbia
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 39921	M	Walvis Bay, Namíbia
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 40926	M	Still Bay Harbour, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 35104	M	Velddirf, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 41395	F	Still Bay Harbour, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 37397	F	Walvis Bay, Namíbia
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 41601	M	Table Bay Harbour, África do Sul

(Continuação)

Espécie	Número de Coleção	Sexo	Localidade
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 41604	F	Saint. Helena Bay, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 41595	M	Saint Helena Bay, África do Sul
Tursiops truncatus	SAM-CPTWN - ZM 40599	F	Saint Helena Bay, África do Sul
Tursiops truncatus	NMS-Z2011.41.175-M160/00	I	Boisdale, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z2011.41.17-M1924/98	I	Kirkibost Island, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z2011.41.18-M146/01	I	Lochdar, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z2011.41.16	I	Ludag, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1997.116.4-M774/96	M	Findochty, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1956.36.78	I	Delny, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1956.36.77	I	Loch Long, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z2004.143.7-M106/02	I	Ross and Cromarty, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1994.55.22	F	Ross and Cromarty, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1994.55.21	M	Balnaglack, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1998.40-M319/98	F	Nairn, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z2011.97.12-M202/10	M	Balintore, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z2011.97.10-M126/08	I	Balintore, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z2004.143.98-M214/03	M	Golspie, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1994.13.33	F	Gare Loch, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1992.151.7	I	Reiff, Escócia
Tursiops truncatus	NMS-Z1993.36.5	M	Embo, Escócia
Tursiops truncatus	LACM 54026	F	Nassau, Flórida
Tursiops truncatus	LACM 72176	M	Citrus, Flórida (Golfo do México)
Tursiops truncatus	LACM 72185	F	Flórida
Tursiops truncatus	LACM 72169	F	Ohau, Havaí
Tursiops truncatus	NMS-Z2012.2.53-BND4/05	I	Irlanda
Tursiops truncatus	TTLE 120211	M	La Esmeralda-UY
Tursiops truncatus	NMS-Z1993.114.6	M	Morfa Harlec, Gwynedd, Gales
Tursiops truncatus	MCN/UFPR 0305	F	Paraná-BR
Tursiops truncatus	MCN/UFPR 0226	F	Paraná-BR
Tursiops truncatus	LEC/CEM 0046	F	Paraná-BR
Tursiops truncatus	LEC/CEM 0111	M	Paraná-BR
Tursiops truncatus	LGB-051506	M	Tierra Del Fuego, Patagônia-AR
Tursiops truncatus	RNP-2315	F	Tierra Del Fuego, Patagônia-AR

(Continuação)

Espécie	Número de Coleção	Sexo	Localidade
Tursiops truncatus	RNP-2316	M	Tierra Del Fuego, Patagônia-AR
Tursiops truncatus	RNP-2325	F	Tierra Del Fuego, Patagônia-AR
Tursiops truncatus	RNP-2328	M	Tierra Del Fuego, Patagônia-AR
Tursiops truncatus	RNP-2363	I	Tierra Del Fuego, Patagônia-AR
Tursiops truncatus	RNP-2713	I	Tierra Del Fuego, Patagônia-AR
Tursiops truncatus	CMA 01C1310/170	I	Pernambuco-BR
Tursiops truncatus	CMA 01C1310/156	I	Pernambuco-BR
Tursiops truncatus	CMA 01C1310/146	I	Pernambuco-BR
Tursiops truncatus	MACN 26126	I	Província de Buenos Aires-AR
Tursiops truncatus	NMS-Z2000.382.8-SW1999/175	F	Pwllhelli, Gwynedd, Gales
Tursiops truncatus	GEMM-Lagos 081	M	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	GEMM-Lagos 098	M	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	MQ s/n	I	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	MQ 0026	M	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	MQ 0043	I	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	GEMM-Lagos 148	I	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	GEMM-Lagos 372	I	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	GEMM-Lagos 319	F	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	GEMM-Lagos 243	I	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	GEMM-Lagos 307	M	Rio de Janeiro-BR
Tursiops truncatus	MORG 6279	F	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops truncatus	MORG 1466	M	Rio Grande do Sul-BR
Tursiops truncatus	UFSC 1102	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UFSC 1011	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UFSC 1287	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UFSC 1322	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UFSC 1252	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UFSC 1209	F	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UNIVILLE 0057	M	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UNIVILLE 0241	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UNIVILLE 0132	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UNIVILLE 0027	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	UNIVILLE 0043	F	Santa Catarina-BR

(Continuação)

Espécie	Número de Coleção	Sexo	Localidade
Tursiops truncatus	UNIVILLE 0041	F	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	MOVI 16540	M	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	MOVI 33255	F	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	MOVI 16142	F	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	MOVI 6078	M	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	MOVI 41848	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	MOVI 15054	I	Santa Catarina-BR
Tursiops truncatus	MZUSP 28408	I	São Paulo-BR
Tursiops truncatus	MZUSP 19481	F	São Paulo-BR
Tursiops truncatus	MZUSP 23817	I	São Paulo-BR
Tursiops truncatus	MZUSP s/n	M	São Paulo-BR
Tursiops truncatus	PA 0061	M	São Paulo-BR
Tursiops truncatus	PA 0074	F	São Paulo-BR
Tursiops truncatus	PA 0151	I	São Paulo-BR
Tursiops truncatus	PA 0103	I	São Paulo-BR
Tursiops truncatus	NMS-Z1991.145.20	M	Upper Borth, Cardigan, Gales

Nota: Coleções: **SAM:** South Africa Museum, Cape Town/Africa do Sul; **RNP:** Rae Natalie Prosser – R. Natalie P. Goodall Foundation, Estancia Harberton, Tierra Del Fuego/Patagônia; **LAMAMA:** Laboratório de Mamíferos Marinos–CENPAT, Puerto Madryn/Chubut; **MACN:** Museu Nacional de História Natural Bernardino Rivadavia, Buenos Aires/Buenos Aires; **MLP:** Museo de La Plata, La Plata/Buenos Aires; **UNMPD:** Universidad Nacional del Mar del Plata, Mar del Plata/Buenos Aires; **AQUASIS:** Associação de Pesquisa e Conservação de Ecossistemas Aquáticos, Caucaia/CE; **CMA:** Centro de Mamíferos Aquáticos – IBAMA, Itamaracá/PE; **GEMM-Lagos:** Grupo de Estudos de Mamíferos Marinhos da Região dos Lagos, Rio de Janeiro/RJ; **IBJ:** Instituto Baleia Jubarte, Praia do Forte, Salvador/BA; **IMA:** Instituto Mamíferos Aquáticos, Pitauçú, Salvador/BA; **IPeC:** Instituto de Pesquisa Cananéia, Cananéia/SP; **LEC:** Laboratório de Ecologia e Conservação – UFPR, Pontal do Paraná/PR; **MAQUA (MQ):** Laboratório de Mamíferos Aquáticos – UERJ, Rio de Janeiro/RJ; **MCN:** Museu de Ciências Naturais – UFPR, Curitiba/PR; **MORG:** Museu Oceanográfico do Rio Grande; **MOVI:** Museu Oceanográfico Univali da Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI; **MZUSP:** Museu de Zoologia – USP, São Paulo/SP; **UNIVILLE:** Universidade da Região de Joinville, São Francisco do Sul/SC; **UFSC:** Universidade Federal de Santa Catarina; **NMS:** National Museum of Scotland, Edinburgh; **LACM:** Los Angeles County Museum of Natural History, Los Angeles/California; Coleção Particular da Pesquisadora Paula Laporta, Punta del Diablo; **ZVC:** Facultad de Ciencias – Universidad de La República do Uruguay, Montevidéo; **MNHN:** Museo Nacional de Historia Natural, Montevidéo.

APÊNDICE B – Definição e números das *landmarks*/*semilandmarks* para a vista dorsal do crânio.

1 – Extremidade do rostro;

2, 3, 13 e 14 – Contorno do rostro (maxilas);

4 e 12 – Incisura antorbital;

5 e 11 – Extremidade anterior da porção da maxila na incisura antorbital;

6 e 10 – Intersessão entre o osso frontal e o processo zigomático;

7 e 9 – Extremidade posterior das cristas temporais;

8 – Borda posterior do supraoccipital no ponto médio entre as cristas temporais;

15 e 16 – Extremidade posterior das pré-maxilas;

17 e 19 – Extremidade medial das maxilas;

18 – Ponto médio da sutura dos ossos nasais;

20 e 21 – Contorno das pré-maxilas que fazem parte do orifício nasal

APÊNDICE C – Definição e números das *landmarks*/*semilandmarks* para a vista lateral do crânio.

1 – Extremidade do rostro;

2 – Extremidade anterior da sutura entre a porção da maxila na incisura antorbital e o osso lacrimal;

4, 5 e 6 – Contorno anterodorsal do neurocrânio envolvendo a pré-maxila, etmoide e o vértice (extremidade dorsal dos ossos frontal e nasal);

7 – Limite superoposterior aparente entre o osso occipital e a crista temporal;

8 – Extremidade posterior da curvatura da crista temporal;

9 – Extremidade posterior da curvatura do côndilo occipital;

10 – Encontro do contorno da curvatura inferior do osso exoccipital e o côndilo occipital;

11 – Extremidade ventral do processo paraoccipital;

12 – Extremidade anteroventral do retrotimpâncio;

13 – Extremidade anterior do esquamosal;

14 – Extremidade ventral do processo pós-orbital do osso frontal;

15 e 16 – Concavidade ventral dos processos pós- e pré-orbital do osso frontal;

17 – Extremidade do pterigoide;

18 – Extremidade posterior da sutura entre o processo pré-orbital do osso frontal, e o osso lacrimal;

19 – Interseção entre as suturas do processo pré-orbital dos ossos frontal e lacrimal, e porção da maxila que encobre o lacrimal;

20 – Interseção entre os ossos parietal, inter-parietal e frontal;

21 – Extremidade posterior da curvatura do processo pós-orbital do osso frontal;

22 – Encontro da sutura entre osso esquamosal e exoccipital, com a crista supramastóide;

APÊNDICE D – Valores estatísticos das análises para a vista dorsal do crânio de *T. truncatus* (Montagu, 1821). Legenda: PNOri = Pacífico Norte Oriental; ANOci = Atlântico Norte Ocidental; ANOri = Atlântico Norte Oriental; ASOci = Atlântico Sul Ocidental; ASOri = Atlântico Sul Oriental; Arg.1 = Argentina (Província de Buenos Aires); Bra.S/UY = Brasil Sul/Uruguai; Bra.NE/SE = Brasil Nordeste/Sudeste.

	PCA	**CVA**	***post-hoc* de Hotelling**
Variações Oceânicas	PC1: 52,74%	CV1: 66,15%	ANOri X ASOci **(*P*< 0,0001)**
	PC2: 12,26%	CV2: 17,61%	ASOri X ASOci **(*P*< 0,0001)**
	Acumulado: 65%	Acumulado: 83,76%	ASOci X PNOri **(*P*< 0,0001)**
		ʎ de Wilk = 0,01509	ASOci X ANOci **(*P*< 0,0001)**
		$F_{136, 667}$ = 9,1651	PNOri X ANOri **(*P*< 0,0001)**
		***P*< 0,0001**	PNOri X ASOri **(*P*< 0,0001)**
			ANOci X ANOri **(*P*< 0,0001)**
			ANOci X ASOri **(*P*< 0,0001)**
			ANOci X PNOri **(*P*< 0,0001)**
			ANOri X ASOri **(*P*< 0,0001)**
	PCA	**CVA**	
Atlântico Sul Ocidental	PC1: 56,32%	CV1: 56,93%	Arg.1 X Bra.S/UY **(*P*< 0,0001)**
	PC2: 9,65%	CV2: 43,07%	Bra.NE/SE X Bra.S/UY **(*P*< 0,0001)**
	Acumulado: 65,97%	Acumulado: 100%	Arg.1 X Bra.NE/SE **(*P*< 0,0001)**
		ʎ de Wilk = 0,20967	
		$F_{40, 212}$ = 6,2746	
		***P*< 0,0001**	
	PCA	**DA**	
Interespecífica	PC1: 56,32%	t^2 de Hotelling = 2341	
	PC2: 9,65%	*F* = 37,601	
	Acumulado: 65,97%	***P*< 0,0001**	

APÊNDICE E – Valores estatísticos das análises para a vista lateral do crânio de *T. truncatus*. Legenda: PNOri = Pacífico Norte Oriental; ANOri = Atlântico Norte Oriental; ASOci = Atlântico Sul Ocidental; ASOri = Atlântico Sul Oriental; Arg.1 = Argentina (Província de Buenos Aires); Arg. 2 = Argentina (Patagônia), Bra.S/UY = Brasil Sul/Uriguai; Bra.NE/SE = Brasil Nordeste/Sudeste.

	PCA	**CVA**	***post-hoc* de Hotelling**
Variações Oceânicas	PC1: 31,62%	CV1: 51,54%	ANOri X ASOci **(*P*< 0,0001)**
	PC2: 17,97%	CV2: 21,46%	ASOri X ASOci **(*P*< 0,0001)**
	Acumulado: 49,59%	Acumulado: 73%	ASOci X PNOri **(*P*< 0,0001)**
		ʎ de Wilk = 0,02159	PNOri X ANOri **(*P*< 0,0001)**
		$F_{99, 423}$ = 11,113	PNOri X ASOri **(*P*< 0,0001)**
		***P*< 0,0001**	ANOri X ASOri **(*P*< 0,0001)**

	PCA	**CVA**	
Atlântico Sul Ocidental	PC1: 34,79%	CV1: 39,02%	Arg.1 X Bra.S/UY **(*P*< 0,0001)**
	PC2: 19,74%	CV2: 38,01%	Bra.NE/SE X Bra.S/UY **(*P*< 0,0001)**
	Acumulado: 54,53%	Acumulado: 77,03%	Arg.1 X Bra.NE/SE **(*P*< 0,0001)**
		ʎ de Wilk = 0,03383	Arg. 2 X Bra.S/UY **(*P*< 0,0001)**
		$F_{84, 252}$ = 6,3098	Arg. 2 X Bra.NE/SE **(*P*< 0,0001)**
		***P*< 0,0001**	Arg. 2 X Arg.1 **(*P*< 0,0001)**

	PCA	**DA**
Interespecífica	PC1: 34,80%	t^2 de Hotelling = 2187
	PC2: 19,74%	*F* = 30,792
	Acumulado: 54,54%	***P*< 0,0001**