

Universidade Federal de Juiz de Fora
Pós-Graduação em Ciências Biológicas
Mestrado em Comportamento e Biologia Animal

Bruna Ribeiro Duque

**GRUPO MISTO DE *Globicephala melas* E *Tursiops truncatus*:
CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ASSOBIOS
REGISTRADOS NO OCEANO ATLÂNTICO SUL,
BRASIL.**

Juiz de Fora

2017

Bruna Ribeiro Duque

**GRUPO MISTO DE *Globicephala melas* E *Tursiops truncatus*:
CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ASSOBIOS
REGISTRADOS NO OCEANO ATLÂNTICO SUL,
BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Comportamento e Biologia Animal da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Artur Andriolo

Juiz de Fora

2017

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Duque, Bruna Ribeiro.

Grupo misto de *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus*: classificação e caracterização dos assobios registrados no Oceano Atlântico Sul, Brasil. / Bruna Ribeiro Duque. -- 2017.

61 f. : il.

Orientador: Artur Andriolo

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas: Comportamento Animal, 2017.

1. Odontocetos. 2. Bioacústica. 3. Sons tonais. 4. Grupo misto. I. Andriolo, Artur, orient. II. Título.

Bruna Ribeiro Duque

Grupo misto de *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus*: classificação e caracterização dos assobios registrados no Oceano Atlântico Sul, Brasil.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Aprovada em 24 de março de 2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Artur Andriolo – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Dr. Mauricio Neves Cantor Magnani
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dra. Aline Cristina Sant'Anna
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico a todos que estão
em busca de novos
(m)ares...

AGRADECIMENTOS

Durante os dois anos do mestrado eu tive a felicidade de contar com o suporte e o amor de muitas pessoas e, por isso, não poderia deixar de agradecer por tudo o que fizeram para tornar este momento possível.

Agradeço primeiramente à oportunidade de viver e poder estudar animais tão fascinantes como os golfinhos, que sempre me surpreendem com sua complexidade e beleza.

Aos meus pais, Geraldo e Wânia, minha eterna gratidão por dedicarem suas vidas e tanto amor à minha formação, ensinando a importância de respeitar o próximo e de me empenhar na busca dos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Débora e Rafael, por me incentivarem a sempre seguir em frente. Desde pequena tenho vocês como exemplo, através das suas conquistas eu aprendi a ser persistente nos meus objetivos. Muito obrigada pelos conselhos, paciência e carinho que sempre tiveram com a caçulinha aqui.

Ao John, meu pretinho lindo, um cheirinho na patinha de agradecimento por tornar os dias difíceis mais leves com sua companhia.

Aos meus tios, primos e cunhados muito obrigada pelas conversas (geralmente rodeadas por muita comida mineira), risadas, orações e por compreenderem os dias em que estive ausente.

Às minhas irmãs de alma e amigas de infância, Paulinha e Marcella, por tornarem a distância algo tão irrelevante. Apesar de sentir saudades, tenho a certeza do apoio e da amizade de vocês.

Às amigas que ganhei de presente da faculdade, Ju, Bá, Ari e Mila, agradeço por dividirem comigo tantos momentos. Sem nossos cafés, vinhos e conversas jogadas fora a caminhada até aqui teria sido ainda mais difícil.

Ao professor Artur pela orientação, paciência, oportunidades e confiança depositada em mim.

Aos parceiros do LABEC agradeço pela companhia e conhecimento compartilhado: Anne, Bruna, Gabi, Isadora, Jéssica, João, Natália.

Ao Thi pelos ensinamentos e por me socorrer as inúmeras vezes que tive dúvidas na bioacústica.

À Dani e à Mari pela amizade e por me darem a oportunidade de conhecer novos lugares, passar por novas experiências e ter contato com o campo que tanto sentia falta.

À Fran, primeiramente por todo o esforço em coletar os dados e inúmeras ajudas para tornar esse trabalho realidade. Além da parte profissional, o que posso dizer da pessoal? Foram tantas conversas, conselhos, devaneios e desabaços que tivemos juntas. Muito obrigada por ter se tornado uma amiga tão especial.

À Auset e ao Gustavo, por todo o empenho na produção dos hidrofones.

À FURG, especialmente ao Eduardo Secchi e à Juliana Di Tullio, pela parceria. Graças a vocês a realização desse trabalho foi possível.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal por permitir esta formação.

À Marlu e ao Osmar por solucionar os problemas com tanta paciência e eficiência.

À CAPES pelo suporte financeiro através da Bolsa de Mestrado.

Ao Aqualie e à UFJF pelo apoio logístico e profissional.

À Chevron pelo apoio financeiro.

Obrigada a todos que de alguma maneira contribuíram com a realização desse estudo, através de incentivos, abraços, conhecimento, orações e pensamento positivo.

“Pra começar
Cada coisa em seu lugar
E nada como um dia após o outro

Pra quê apressar?
Se nem sabe onde chegar
Correr em vão se o caminho é longo

Quem se soltar, da vida vai gostar
E a vida vai gostar de volta em dobro

E se tropeçar
Do chão não vai passar
Quem sete vezes cai levanta oito

Quem julga saber
E esquece de aprender
Coitado de quem se interessa pouco

E quando chorar
Tristeza pra lavar
Num ombro cai metade do sufoco

O novo virá
Pra re-harmonizar
A terra, o ar, a água e o fogo

E sem se queixar
As peças vão voltar
Pra mesma caixa no final do jogo

Pode esperar
O tempo nos dirá
Que nada como um dia após o outro

O tempo dirá
O tempo é que dirá
E nada como um dia após o outro.”

Música: Um dia após o outro
Compositor e intérprete: Tiago Iorc

RESUMO

Assobios são emitidos por golfinhos para a comunicação entre indivíduos da mesma espécie, transmitindo informações que possibilitam a identificação individual e a coordenação do grupo. Devido a este fato, os assobios apresentam características que os diferenciam de maneira espécie-específica. Um crescente número de estudos têm utilizado este tipo de vocalização para a identificação de espécies, mas poucos no contexto de associações interespecíficas. Portanto, informações acerca da relação entre estas associações e as propriedades dos assobios representam um importante aspecto a ser compreendido. Nestas circunstâncias, o objetivo deste trabalho foi classificar e caracterizar os assobios emitidos pelas espécies *Globicephala melas* (baleia-piloto-de-peitoral-longa) e *Tursiops truncatus* (golfinho-nariz-de-garrafa) registradas durante uma interação na região da plataforma continental e talude sul brasileiro, Oceano Atlântico Sul. Os dados acústicos foram coletados oportunisticamente em maio de 2014 por dois hidrofones de uma matriz de arrasto Auset® (resposta de frequência: 1,592 a 48 kHz) rebocada pela popa do navio R/V Atlântico Sul e acoplada a um gravador digital Fostex FR-2 LE (amostragem de 48 kHz/24 bits). Um total de 418 assobios foram analisados, dos quais 117 foram classificados visualmente como *G. melas* e 301 como *T. truncatus*. A análise discriminante multivariada mostrou uma taxa de classificação correta de 97,99%. Os assobios de contorno constante foram comumente mais produzidos pela espécie *G. melas* (N = 50; 46,73%), enquanto para *T. truncatus* a categoria múltiplo ocorreu em maior frequência (N = 131; 46,13%). O golfinho-nariz-de-garrafa produziu sinais com médias de frequência maiores do que a baleia-piloto-de-peitoral-longa, em contrapartida esta espécie apresentou coeficiente de variação com valores mais altos para a maioria das variáveis. Os assobios de *G. melas* variaram de 1,64 a 13,93 kHz, enquanto os assobios de *T. truncatus* alcançaram frequências entre 5,03 e 23,91 kHz. As duas espécies emitiram assobios com média de duração próxima e com número de pontos de inflexão acima de um. Foram encontradas diferenças nos parâmetros acústicos dos assobios em relação a estudos com outras populações das duas espécies. As diferenças interespecíficas podem estar relacionadas à sobreposição de habitat e às características corporais de *G. melas* e *T. truncatus*, ao passo que as variações intraespecíficas podem ser ocasionadas devido à gama de contextos populacionais e ecológicos aos quais as populações estão submetidas.

Palavras-chave: Odontocetos. Bioacústica. Sons tonais. Grupo misto.

ABSTRACT

Dolphins emit whistles for communication among individuals of the same species, transmitting information that enables individual identification and group cohesion. Due to this fact, whistles show characteristics that differentiate them in a species-specific way. An increasing number of studies have used this type of vocalization to identify species, but few of them were carried out in interspecific association contexts. Thus, information about the relationship between these associations and whistles properties represent an important aspect to be understood. In these circumstances, the aim of this work was to classify and characterize the whistles emitted by *Globicephala melas* (long-finned pilot whale) and *Tursiops truncatus* (bottlenose dolphin) recorded during an interaction in the Brazilian south continental shelf and slope, South Atlantic Ocean. The acoustic data were opportunistically collected in May 2014 using two hydrophones of an Auset® array (response frequency: 1,592 to 48 kHz) towed through the stern of the R/V Atlântico Sul and coupled to a Fostex FR-2 LE digital recorder (sampling of 48 kHz/24 bits). A total of 418 whistles were analyzed, 117 of which were visually classified as emitted by *G. melas* and 301 by *T. truncatus*. The multivariate discriminant analysis showed a correct classification rate of 97.99%. Constant whistles were more commonly produced by *G. melas* (N = 50, 46.73%), while for *T. truncatus* the multiple category occurred more frequently (N = 131, 46.13%). The bottlenose dolphin produced whistles with higher mean frequencies than the long-finned pilot whale, in contrast, this species showed a coefficient of variation with higher values for most variables. *G. melas* whistles varied from 1.64 to 13.93 kHz, while *T. truncatus* whistles ranged between 5.03 and 23.91 kHz. Both species emitted whistles with near mean duration and number of inflection points above one. Differences were found in whistles acoustic parameters in relation to studies with other populations. We hypothesize that interspecific differences may be related to habitat overlapping and body characteristics of *G. melas* and *T. truncatus*, whereas intraspecific variations can be caused due to the range of population and ecological contexts to which the populations are submitted.

Keywords: Odontocete. Bioacoustic. Tonal sounds. Mixed group.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Representação esquemática da cabeça de golfinho, mostrando algumas das estruturas que participam da recepção e produção sonora. Adaptado de Kasowitz *et al.* (2016). Fonte: <http://us.whales.org>.....18
- Figura 2:** Características morfológicas das espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus*, registradas em grupo misto no Oceano Atlântico Sul. Seta vermelha = traço cinzento na região ventral da baleia-piloto-de-peitoral-longa; seta amarela = nadadeira dorsal levemente falcada e de cor cinza do golfinho-nariz-de-garrafa; seta laranja = coloração do corpo preta e melão grande e bulboso com rostro pouco discernível da baleia-piloto-de-peitoral-longa. Foto: Projeto Talude.....21
- Figura 3:** Grupo misto de *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* registrado na região da plataforma continental e talude sudeste-sul brasileiro, Oceano Atlântico Sul. Foto: Projeto Talude.....26
- Figura 4:** Mapa do Oceano Atlântico Sul, Brasil, indicando o local onde foi realizado o registro acústico do grupo misto formado pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus*.....27
- Figura 5:** Matriz de arrasto com resposta de frequência entre 1,592 e 48 kHz utilizada no registro acústico do grupo misto de *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil. Foto: Projeto Talude.....27
- Figura 6:** Espectrograma dos assobios de *Globicephala melas* (A) e *Tursiops truncatus* (B) no Oceano Atlântico Sul, Brasil. Eixo X = tempo (h:m:s) e eixo Y = frequência (kHz).....29
- Figura 7:** As seis categorias adotadas para classificar o contorno dos assobios emitidos pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil. Eixo X = tempo (h:m:s) e eixo Y = frequência (kHz).....30
- Figura 8:** Parâmetros analisados para cada assobio emitido pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil. FMin = frequência mínima, FMax = frequência máxima, VF = variação de frequência, FI = frequência inicial, FF = frequência final, DUR = duração e PI = ponto de inflexão. Eixo X = tempo (h:m:s) e eixo Y = frequência (kHz).....31

Figura 9: Matriz de correlação canônica dos assobios de *Globicephala melas* (Gm) e *Tursiops truncatus* (Tt) no Oceano Atlântico Sul, Brasil.....34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características de diferentes categorias sensoriais no ar e na água. Tabela adaptada de Tyack e Miller (2002).....	17
Tabela 2: Resultado do teste de Spearman: correlação entre os parâmetros acústicos dos assobios emitidos pelas espécies <i>Globicephala melas</i> e <i>Tursiops truncatus</i> no Oceano Atlântico Sul, Brasil.....	33
Tabela 3: Resultado da análise discriminante multivariada: comparação dos assobios emitidos por <i>Globicephala melas</i> e <i>Tursiops truncatus</i> no Oceano Atlântico Sul, Brasil.....	34
Tabela 4: Estatística descritiva dos assobios de <i>Globicephala melas</i> e <i>Tursiops truncatus</i> no Oceano Atlântico Sul, Brasil: média (desvio padrão), valor mínimo – valor máximo e coeficiente de variação (%).....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

asc – Ascendente

asc - desc – Ascendente - descendente

const – Constante

desc – Descendente

desc - asc – Descendente - ascendente

DFT – *Discrete Fourier Transform*

DUR – Duração

FF – Frequência Final

FI – Frequência Inicial

FMax – Frequência Máxima

FMin – Frequência Mínima

Hz – Hertz

IUCN – *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*

kHz – Quilohertz

mult – Múltiplo

PI – Ponto de Inflexão

VF – Variação de Frequência

SUMÁRIO

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 Objetivo geral.....	24
2.2 Objetivos específicos.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Área de estudo e coleta de dados.....	25
3.2 Análise acústica.....	28
3.3 Análise estatística.....	32
4. RESULTADOS.....	33
5. DISCUSSÃO.....	37
6. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	45
ANEXOS.....	53
Anexo I.....	54
Anexo II.....	56

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E INTRODUÇÃO

A Superordem Cetartiodactyla destaca-se entre os mamíferos por englobar animais que apresentam grande importância cultural, econômica, apelo estético e interesse de conservação (PRICE; BININDA-EMONDS; GITTLEMAN, 2005; MACDONALD, 2006; AGNARSSON; MAY-COLLADO, 2008). Desta forma, este é um dos grupos mais estudados, sobretudo quanto à relação filogenética entre ordens Artiodactyla (que inclui: boi, porco, camelo, veado, girafa, antílope) e Cetacea (baleias, golfinhos e *porpoises*), a qual tem sido alvo de muitas pesquisas nos últimos anos (p.ex., THEWISSEN *et al.*, 2001; PRICE; BININDA-EMONDS; GITTLEMAN, 2005; AGNARSSON; MAY-COLLADO, 2008; O'LEARY; GATESY, 2008; HASSANIN *et al.*, 2012; VISLOBOKOVA, 2013).

A Ordem Cetacea compreende três Subordens – Archeoceti, Mysticeti e Odontoceti – sendo a primeira composta por espécies já extintas e as duas últimas por representantes viventes de baleias verdadeiras e cetáceos com dentes (golfinhos e *porpoises*), respectivamente. Os cetáceos viventes (14 espécies de misticetos e 72 espécies de odontocetos), mesmo evoluindo de animais terrestres, são totalmente adaptados a viver exclusivamente na água (JEFFERSON; WEBBER; PITMAN, 2015). Eles habitam regiões costeiras, zonas neríticas sobre a plataforma continental, águas oceânicas e rios, além de estarem presentes em águas tropicais, temperadas e polares (BALLANCE, 2002).

O ambiente aquático apresenta características bastante distintas do ambiente terrestre e, por isso, foram necessárias muitas adaptações para possibilitar a sobrevivência dos cetáceos naquele tipo de habitat. Dentre as modificações essenciais para a permanência restrita desses animais na água, pode ser ressaltada aquelas fundamentais para uma eficiente comunicação.

Comunicação é descrita de diferentes maneiras nos livros-texto (veja em RENDALL; OWREN; RYAN, 2009); contudo, pode ser considerada em uma visão ampla como: a produção de informação (através de um sinal) por um emissor (indivíduo ou ambiente) para um receptor (indivíduo), e a subsequente decisão por parte do receptor de como responder à informação (BRADBURY; VEHRENCAMP, 1998).

Os sinais são especializados ao longo do tempo para serem informativos, relevantes para interações entre os indivíduos e adaptados para otimizar a transmissão no meio ambiente. Para os sinais serem usuais deve ser viável detectá-los e interpretar a mensagem que está sendo transmitida (DUDZINSKI; THOMAS; DOUAZE, 2002), o que depende da aptidão dos indivíduos, da natureza do sinal e do tipo de ambiente. Nos mamíferos os sinais podem estar

relacionados a diferentes canais sensoriais: químico (p. ex., gustação e olfação), mecânico (p. ex., tátil e acústico), fótico (visual) e eletromagnético (REYNOLDS; ROMMEL, 1999), porém, a efetividade de cada categoria sensorial de sinal varia de acordo com o ambiente em que este se propaga (Tabela 1).

Tabela 1: Características de diferentes categorias sensoriais no ar e na água. Tabela adaptada de Tyack e Miller (2002).

Modalidade sensorial	Modo de detecção	Modo de produção	Alcance		Velocidade	
			Ar	Água	Ar	Água
Química	Olfação	Feromônio	1Km	10 – 100m	Lenta (vento)	Lenta (corrente)
Luminosa	Visão	Luminescência	1 – 10Km	1 – 100m	3×10^8 m/s	$2,25 \times 10^8$ m/s
Acústica	Audição	Vocalização	1Km	10 – 100Km	340m/s	1500m/s
Eletromagnética	Senso elétrico	Descarga elétrica	NA	Poucos metros	NA	Rápida

NA = não aplicável

Como pode ser visto na tabela acima, os mamíferos aquáticos, por mais que sejam capazes de detectar diferentes categorias de sinais, vivem em um ambiente que não favorece a propagação de sinais de todas as naturezas. Para esses animais, a comunicação é realizada principalmente através de sinais acústico, tátil, visual e gustativo (REYNOLD; ROMMEL, 1999). No caso dos cetáceos, que são totalmente aquáticos, o sinal acústico apresenta maior vantagem em relação aos demais tipos de sinais, devido à capacidade de atingir distâncias mais longas (DUDZINSKI; THOMAS; DOUAZE, 2002). Esta eficiente transmissão do som na água levou ao desenvolvimento de distintos sistemas de recepção e produção acústica nos odontocetos (HARLEY, 2008).

A percepção acústica possui grande relevância para estes animais, pois, através do som de fontes naturais (p.ex., vento, chuva e terremoto), fontes humanas, de indivíduos da própria espécie e de predadores, os golfinhos obtêm informações importantes para a sobrevivência. Estas informações podem auxiliar na comunicação entre os indivíduos, navegação, desvio de obstáculos, prevenção e detecção de presas (AU; HASTINGS, 2008).

Os odontocetos são especializados em captar sinais acústicos de alta frequência, inclusive frequências ultrassônicas (KETTEN, 1994). Eles apresentam o ouvido dividido em ouvido externo, médio e interno. Ao contrário de outros mamíferos, os golfinhos e os demais cetáceos não possuem pavilhão auditivo (KETTEN, 1994; AU; HASTINGS, 2008), as ondas sonoras subaquáticas que entram em contato com o corpo do animal são filtradas ou amplificadas por componentes anatômicos da cabeça (CRANFORD; KRYSL; AMUNDIN, 2010) (Figura 1) e conduzidas pelos corpos gordurosos presentes na maxila inferior e nas laterais do crânio até o osso timpanoperiótico (BRILL; MOORE; DANKIEWICZ, 2001). O osso timpanoperiótico (ou complexo timpanoperiótico) é formado por elementos ósseos de diferentes espessuras. As pressões sonoras provenientes dos corpos gordurosos são somadas através destes elementos ósseos e transduzidas em deslocamentos mecânicos, os quais resultam em uma vibração complexa do osso timpanoperiótico e da cadeia ossicular (CRANFORD; KRYSL; AMUNDIN, 2010). Através da janela oval a energia acústica (mecânica) passa para a cóclea, na qual ocorre vibração da membrana basilar. O movimento desta membrana gera uma força sobre as células ciliares, provocando a formação de sinais neuronais, os quais são transmitidos por meio do nervo auditivo para o sistema nervoso central (TYACK, 2000), levando à interpretação do sinal acústico captado pelo animal.

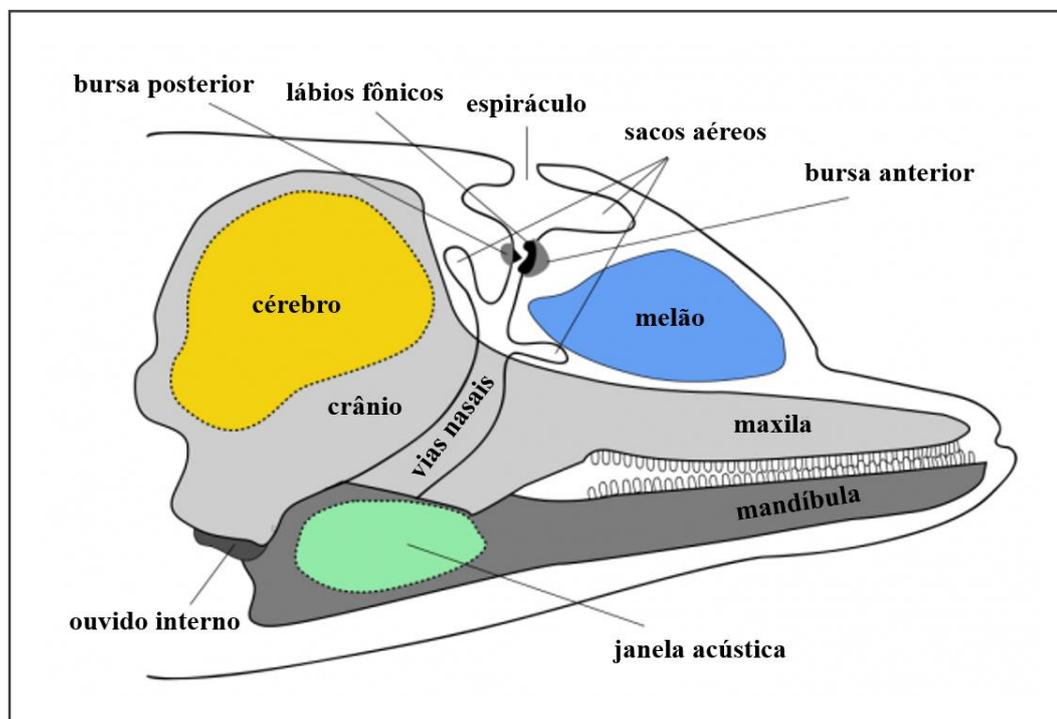


Figura 1: Representação esquemática da cabeça de golfinho, mostrando algumas das estruturas que participam da recepção e produção sonora. Adaptado de Kassewitz *et al.* (2016). Fonte: <http://us.whales.org>.

O repertório sonoro dos odontocetos pode ser categorizado em dois grandes grupos: sons tonais contínuos (assobios) e sons pulsados (HERMAN; TAVOLGA, 1980) (sons pulsados explosivos e cliques). Ao contrário do que ocorre nos humanos e em outros animais, a produção do som por indivíduos deste grupo não acontece na laringe e sim no aparato nasal (AU; HASTINGS, 2008). O processo de formação e transmissão dos sinais acústicos se assemelha ao mecanismo básico dos animais terrestres, a partir da vibração de membranas através da passagem do ar sob pressão (TYACK, 2000), apresentando diferenças nas estruturas estimuladas entre a produção dos assobios e dos cliques. Os assobios são produzidos nos sacos aéreos (nasais), os quais, através da ação de músculos, recebem o ar das vias nasais (RIDGWAY, 1983; POPPER; EDDS-WALTON, 1997), enquanto para a emissão dos cliques os lábios fônicos são acionados pneumáticamente (CRANFORD *et al.*, 2011). Neste tipo de vocalização, o feixe sonoro é produzido independentemente nos lados direito e esquerdo e direcionados para a frente da cabeça, onde se sobrepõem e atingem o melão (órgão formado por tecido lipídico, situado na região anterior do crânio) (Figura 1). O melão funciona como um caminho de propagação, pelo qual o som é modelado e condicionado até ser conduzido para fora da cabeça pela região anterior do rosto (CRANFORD; KRYSL; HILDEBRAND, 2008).

Os sinais acústicos diferem entre si quanto à estrutura e funcionalidade. Os assobios geralmente apresentam frequências fundamentais na faixa audível humana (abaixo de 20 kHz) e regularmente possuem componentes integrais (harmônicos) ultrassônicos (acima de 20 kHz) (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Os golfinhos emitem assobios para a comunicação intraespecífica (HERMAN; TAVOLGA, 1980), possivelmente utilizando-os para informar a identidade individual e manter a coesão do grupo (JANIK; SLATER, 1998). Os sons pulsados explosivos (*burst pulsed sound*, em inglês) são predominantemente ultrassônicos, com pouca ou nenhuma energia abaixo de 20 kHz, e apresentam intervalos entre cliques com duração máxima de 10 ms. Estes sinais são frequentemente incidentes em contextos altamente sociais, como encontros agonísticos (LAMMERS; AU; HERZING, 2003), mas também podem ser produzidos durante atividades de forrageio (JANIK, 2000; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2010). Os cliques de ecolocalização, entretanto, possuem intervalos entre cliques maiores que 15 ms, com possibilidade de exibir intervalos menores, geralmente nos finais das cadeias (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Estes cliques apresentam alta frequência e são extremamente direcionados, o que os permite detectar e persuadir a presa (JANIK, 2000). Além disso, os cliques de ecolocalização auxiliam na navegação, localização e proteção contra predadores, principalmente em regiões onde a visibilidade na água é limitada (AU; HASTINGS, 2008).

O estudo das características da produção, propagação e recepção das emissões sonoras dos animais (bioacústica) (MARQUES, 2008) em conjunto com o desenvolvimento de novas tecnologias vem ampliando o conhecimento sobre a estrutura, abundância, densidade e distribuição de populações dos cetáceos e impactos do ruído antropogênico (MELLINGER; BARLOW, 2003). Dentre os sinais acústicos produzidos pelos odontocetos o assobio tem sido regularmente mais pesquisado (DÍAZ LÓPEZ, 2011) e, salvo algumas exceções que emitem apenas sons pulsados, a descrição dos assobios vem sendo realizada para um grande número de espécies (veja em MORISAKA; CONNOR, 2007).

Os golfinhos frequentemente apresentam estrutura social complexa e repertórios vocais ricos e, devido a estas particularidades, existe uma expectativa de que possuam um sistema de comunicação espécie-específica (STEINER, 1981). Estudos prévios realizaram a comparação dos parâmetros acústicos dos assobios a partir das ferramentas de análise discriminante multivariada e/ou árvores de classificação e regressão e demonstraram que este tipo de vocalização contém características que permitem a discriminação e identificação de várias espécies (STEINER, 1981; RENDELL *et al.*, 1999; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; OSWALD *et al.*, 2007; BARON *et al.*, 2008; GANNIER *et al.*, 2010; AZZOLIN *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2016). Do conjunto de espécies comparadas pelos autores citados anteriormente duas se destacam pela alta porcentagem de discriminação (ou classificação correta) em relação às demais: *Globicephala melas* (baleia-piloto-de-peitoral-longa) e *Tursiops truncatus* (golfinho-nariz-de-garrafa). A taxa de classificação de espécies pode ser influenciada por fatores distintos, como diferenças taxonômicas e características de distribuição geográfica: as espécies tendem a apresentar assobios mais distintos tanto se forem filogeneticamente menos relacionadas quanto se possuírem sobreposição na distribuição (STEINER, 1981; RENDELL *et al.*, 1999).

As duas espécies apresentam divergências em aspectos morfológicos, de distribuição e acústicos. A baleia-piloto-de-peitoral-longa possui corpo robusto de cor preta ou cinza escuro, com região anterior composta por um melão grande e bulboso e rostro sem extensão ou pouco discernível. A nadadeira dorsal apresenta aparência falcada, enquanto as nadadeiras peitorais são em forma de foice e amplas, medindo um quinto do corpo do indivíduo. As regiões atrás da nadadeira dorsal, pós orbital e ventral apresentam traços cinzentos (Figura 2). Em geral, os indivíduos da espécie *G. melas* são nômades, com poucas populações residentes documentadas, e se distribuem preferencialmente em águas geladas das zonas temperadas e subpolares (OLSON; REILLY, 2002). Esta é uma espécie ainda pouco estudada e, por consequência, está

classificada como “insuficientemente conhecida” pela IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*, em inglês) (TAYLOR *et al.*, 2008).

A acústica da baleia-piloto-de-peitoral-longa, assim como suas demais características, também possui um déficit de estudos. Suas emissões sonoras seguem o padrão encontrado nos golfinhos: assobios, sons pulsados explosivos e cliques de ecolocalização (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966; BUSNEL *et al.*, 1971; TARUSKI, 1979; STEINER, 1981; WEILGART; WHITEHEAD, 1990; RENDELL *et al.*, 1999; GANNIER *et al.*, 2010; ESKESEN *et al.*, 2011; AZZOLIN *et al.*, 2014), porém adicionalmente esta espécie emite uma combinação de assobios e sons pulsados, conhecida como “chamado” (NEMIROFF; WHITEHEAD, 2009; ZWAMNORN; WHITEHEAD, 2016). A caracterização dos assobios de *G. melas* está concentrada no Oceano Atlântico Norte (STEINER, 1981; RENDELL *et al.*, 1999) e no Mediterrâneo (RENDELL *et al.*, 1999; GANNIER *et al.*, 2010; AZZOLIN *et al.*, 2014). A partir destes estudos, os assobios da baleia-piloto-de-peitoral-longa foram descritos com média de frequência entre 2,82 e 9,31 kHz e duração média variando de 0,62 a 0,93 s.

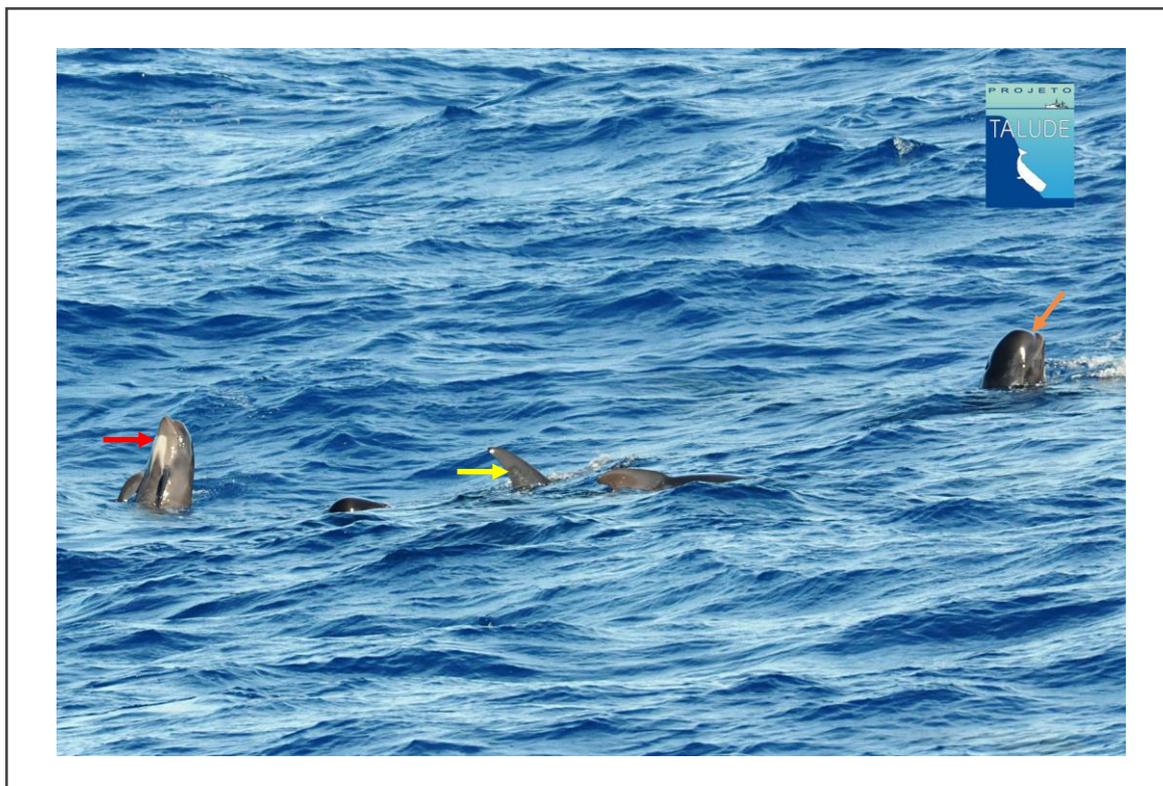


Figura 2: Características morfológicas das espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus*, registradas em grupo misto no Oceano Atlântico Sul. Seta vermelha = traço cinzento na região ventral da baleia-piloto-de-peitoral-longa; seta amarela = nadadeira dorsal levemente falcada e de cor cinza do golfinho-nariz-de-garrafa; seta laranja = coloração do corpo preta e melão grande e bulboso com rostro pouco discernível da baleia-piloto-de-peitoral-longa. Foto: Projeto Talude.

Em contrapartida, o golfinho-nariz-de-garrafa é a espécie de cetáceo mais bem estudada e está classificada como de “menor preocupação” pela IUCN (HAMMOND *et al.*, 2012). Os indivíduos desta espécie apresentam corpo médio e robusto. A coloração varia de cinza claro a escuro nas regiões dorsal e lateral, enquanto ventralmente possuem pigmentação clara. A região anterior apresenta uma fina demarcação entre o melão e o rostro curto. A nadadeira dorsal é moderadamente falcada e traços claros podem ser ocasionalmente observados nas laterais (Figura 2). A espécie *T. truncatus* é amplamente distribuída, ocorrendo em águas costeiras e oceânicas de regiões temperadas a tropicais (WELLS; SCOTT, 2002).

O repertório acústico do golfinho-nariz-de-garrafa compreende assobios e sons pulsados (TYACK; CLARK, 2000), contudo a maioria dos estudos têm sido focados nos assobios, sobretudo em relação àqueles denominados assobios assinatura (p. ex., CALDWELL; CALDWELL, 1965; MCCOWAN; REISS, 1995, 2001; TYACK, 1997; JANIK; SLATER, 1998; SAYIGH *et al.*, 2007; HARLEY, 2008; ESCH; SAYIGH; WELLS, 2009; JANIK; SAYIGH, 2013; KRIESELL *et al.*, 2014). Os assobios desta espécie foram descritos previamente com média de frequência entre 4,73 e 17,61 kHz e duração média de 0,39 a 1,41 s. A caracterização dos parâmetros acústicos dos assobios foi realizada em populações de *T. truncatus* do Oceano Atlântico Sul (WANG; WÜRSIG; EVANS, 1995; HOFFMANN, 2004; AZEVEDO *et al.*, 2007; HOFFMANN *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2016), Atlântico Norte (STEINER, 1981; WANG; WÜRSIG; EVANS, 1995; CAMPBELL, 2004; DOS SANTOS *et al.*, 2005; BARON *et al.*, 2008; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2008; PAPAIE *et al.*, 2014), Mediterrâneo (GANNIER *et al.*, 2010; AZZOLIN *et al.*, 2014; PAPAIE *et al.*, 2014) e Pacífico (WANG; WÜRSIG; EVANS, 1995; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; OSWALD *et al.*, 2007; CAMPBELL, 2004). Apesar da descrição acústica ter sido efetuada por um grande número de estudos, devido à ampla ocorrência da espécie, ainda não abrangeu toda sua área de distribuição.

As espécies *G. melas* e *T. truncatus* são frequentemente encontradas em associação (OLSON; REILLY, 2002), inclusive no Oceano Atlântico Sul (DI TULLIO *et al.*, 2016). As associações interespecíficas (ou grupos mistos), como entre as duas espécies, ocorrem de forma temporária (QUÉROUIL *et al.*, 2008) e podem promover vantagens sociais, no forrageio e contra a predação (STENSLAND; ANGERBJÖRN; BERGGREN, 2003). As interações entre espécies de golfinhos foram pouco estudadas acusticamente, sendo restritas apenas aos trabalhos de Wang; Würsig e Leatherwood (2001) e May-Collado (2010), os quais analisaram grupos mistos de *Sotalia fluviatilis* (tucuxi) e *Inia geoffrensis* (boto-vermelho) e de *S. guianensis* (boto-cinza) e *T. truncatus*, respectivamente.

Diante do contexto de escassa informação sobre a acústica da baleia-piloto-de-peitoral-longa, do ainda restrito número de estudos sobre o repertório sonoro do golfinho-nariz-de-garrafa no Oceano Atlântico Sul e do pouco conhecimento referente à relação entre a formação de grupo misto e as emissões sonoras, o estudo da caracterização e classificação dos assobios das espécies *G. melas* e *T. truncatus* na região da plataforma continental e talude sul brasileiro apresenta grande relevância para o entendimento destes aspectos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Classificar e caracterizar os assobios emitidos pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* registradas em grupo misto na região da plataforma continental e talude sul brasileiro, Oceano Atlântico Sul.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar os assobios espécie-específicos emitidos pelas espécies *G. melas* e *T. truncatus*.
- Descrever os parâmetros acústicos dos assobios produzidos pelas espécies *G. melas* e *T. truncatus*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo e coleta de dados

A região da plataforma continental e talude sul brasileiro é caracterizada por apresentar elevada importância econômica, principalmente pesqueira, e uma grande diversidade de espécies de cetáceos (ZERBINI *et al.*, 2004; DI TULLIO *et al.*, 2016).

Esta região foi investigada pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG) durante o Projeto Talude, com a qual foi estabelecida uma parceria para a realização de coleta de dados acústicos do presente estudo. A bordo do navio oceanográfico R/V Atlântico Sul foi seguido um desenho amostral pré estabelecido de transectos lineares em zig zag, abrangendo isóbatas de aproximadamente 150 a 1500m. O monitoramento visual das espécies e a coleta oportunística de sinais acústicos foram conduzidas em maio de 2014 de forma contínua entre 5h30min e 18h. A primeira foi executada durante 30 dias com estado do mar máximo de 5 na escala Beaufort e a segunda no período equivalente a 8 dias com mar até 7 na mesma escala.

Dois observadores independentes posicionados na proa do navio (um a bombordo e outro a estibordo) efetuaram a busca e a identificação visual das espécies, com o auxílio de binóculos reticulados 7X50. A cada avistagem de cetáceos foram coletadas as seguintes informações: espécie, tamanho de grupo, número de retículos correspondentes à observação e ângulo do grupo em relação ao navio. As informações referentes ao retículo e ao ângulo foram utilizadas para calcular, através do programa WinCruz, as coordenadas geográficas relativas à posição dos animais. Para aprimorar a estimativa do tamanho de grupo e a identificação das espécies, as avistagens foram registradas em formato de foto e vídeo.

O registro dos sinais acústicos do grupo misto formado por aproximadamente sessenta indivíduos de *G. melas* e setenta de *T. truncatus* (Figura 3) ocorreu a 33° 26,88' S / 50° 34,8' O (Figura 4). Os dados acústicos foram coletados através de uma matriz de arrasto Auset® contendo três hidrofones omnidirecionais (resposta de frequência: 1,592 a 48 kHz), os quais estavam dispostos a partir de um metro da extremidade do cabo e distantes cinco metros entre si (Figura 5). Contudo, devido à entrada do sistema de gravação, apenas dois destes hidrofones foram utilizados durante o registro. A matriz foi rebocada pela popa do navio e os sinais acústicos coletados foram transmitidos a um gravador digital Fostex FR-2 LE – amostragem de 48 kHz/24 bits – e gravados em arquivo digital (.wav) em disco rígido.



Figura 3: Grupo misto de *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* registrado na região da plataforma continental e talude sul brasileiro, Oceano Atlântico Sul. Foto: Projeto Talude.

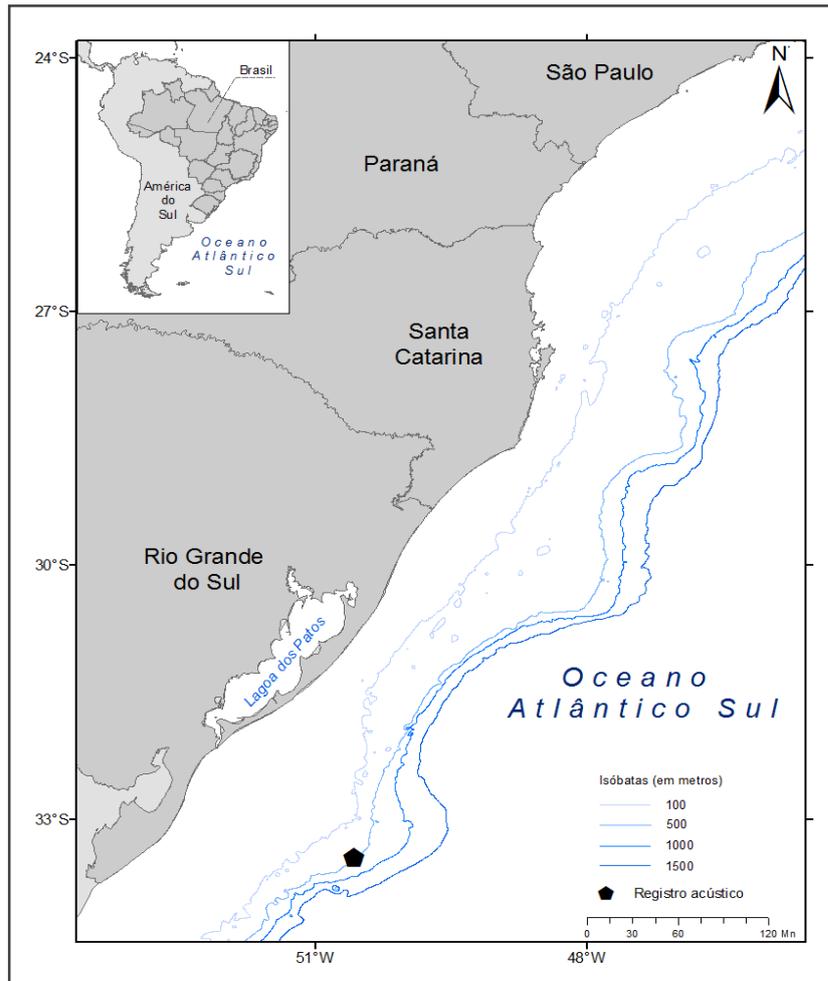


Figura 4: Mapa do Oceano Atlântico Sul, Brasil, indicando o local onde foi realizado o registro acústico do grupo misto formado pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus*.

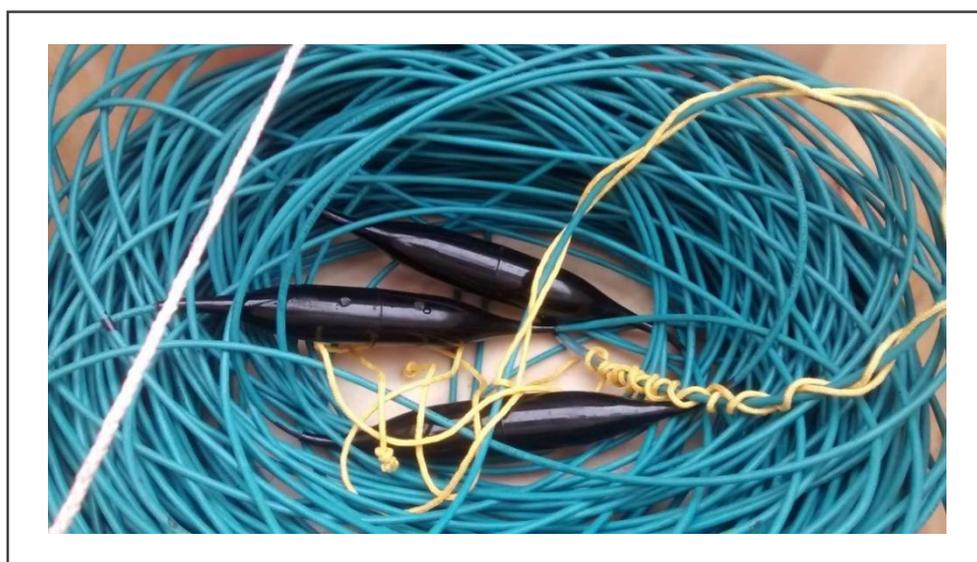


Figura 5: Matriz de arrasto com resposta de frequência entre 1,592 e 48 kHz utilizada no registro acústico do grupo misto de *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil. Foto: Projeto Talude.

3.2 Análise acústica

O arquivo das emissões sonoras de *G. melas* e *T. truncatus* foi inspecionado auralmente e visualmente em ambos os canais e analisado através de espectrograma, com configuração de DFT 1024 pontos, 80% *overlap* e *Hann window* de 512 pontos, gerado pelo programa *Raven Pro 1.5* (*Cornell Laboratory of Ornithology, Cornell University, NY, USA*).

A seleção aleatória dos assobios, no canal que estavam mais perceptíveis, seguiu os seguintes critérios: contorno visível, com início e fim bem definidos, e sem interrupção pelo limite de frequência superior do gravador. Devido ao grande número, assobios sobrepostos também foram incluídos na análise, porém, somente aqueles com possibilidade de individualização.

A classificação foi realizada de forma visual e aural, determinando a qual espécie os assobios pertenciam (Figura 6), apoiada nos trabalhos de Weilgart e Whitehead (1990) para *G. melas* e Azevedo *et al.* (2007) para *T. truncatus*. Os estudos prévios que caracterizaram os parâmetros dos assobios das duas espécies serviram como base para a faixa de frequência a ser considerada e também foram utilizados para comparação intraespecífica (Anexos I e II).

Os assobios escolhidos foram analisados quanto ao número de pontos de inflexão (ponto onde o contorno do assobio visualmente se altera de ascendente para descendente ou vice-versa) e ao contorno (modulação de frequência), classificando-os em categorias amplas: ascendente (assobios com frequência crescente e nenhum ponto de inflexão), descendente (assobios com frequência decrescente e nenhum ponto de inflexão), ascendente – descendente (inicia com frequência crescente, um ponto de inflexão, em seguida frequência decrescente), descendente – ascendente (inicia com frequência decrescente, um ponto de inflexão, em seguida frequência crescente), constante (assobios que a frequência muda 1000 Hz ou menos durante mais do que 90% da duração) e múltiplo (mais de um ponto de inflexão) (AZEVEDO *et al.*, 2007) (Figura 7).

Em razão da utilidade na comparação com outros estudos e da possibilidade de obter uma visão geral dos assobios foi realizada a categorização desta vocalização, porém, apesar da natureza gradual dos contornos, os assobios foram destinados a categorias amplas, como citado acima, com o objetivo de diminuir as diferenças entre os pesquisadores (BAZÚA-DURÁN; AU, 2002; AZEVEDO; SLUYS, 2005).

Além disso, para cada assobio registrado, foram mensurados os seguintes parâmetros acústicos da componente fundamental (Figura 8):

Frequência mínima (kHz): frequência de menor valor;

Frequência máxima (kHz): frequência de maior valor;

Variação de frequência (kHz): diferença entre as frequências máxima e mínima;

Frequência inicial (kHz): frequência que o assobio inicia;

Frequência final (kHz): frequência que o assobio termina;

Duração (s): tempo decorrido do início até o final do assobio.

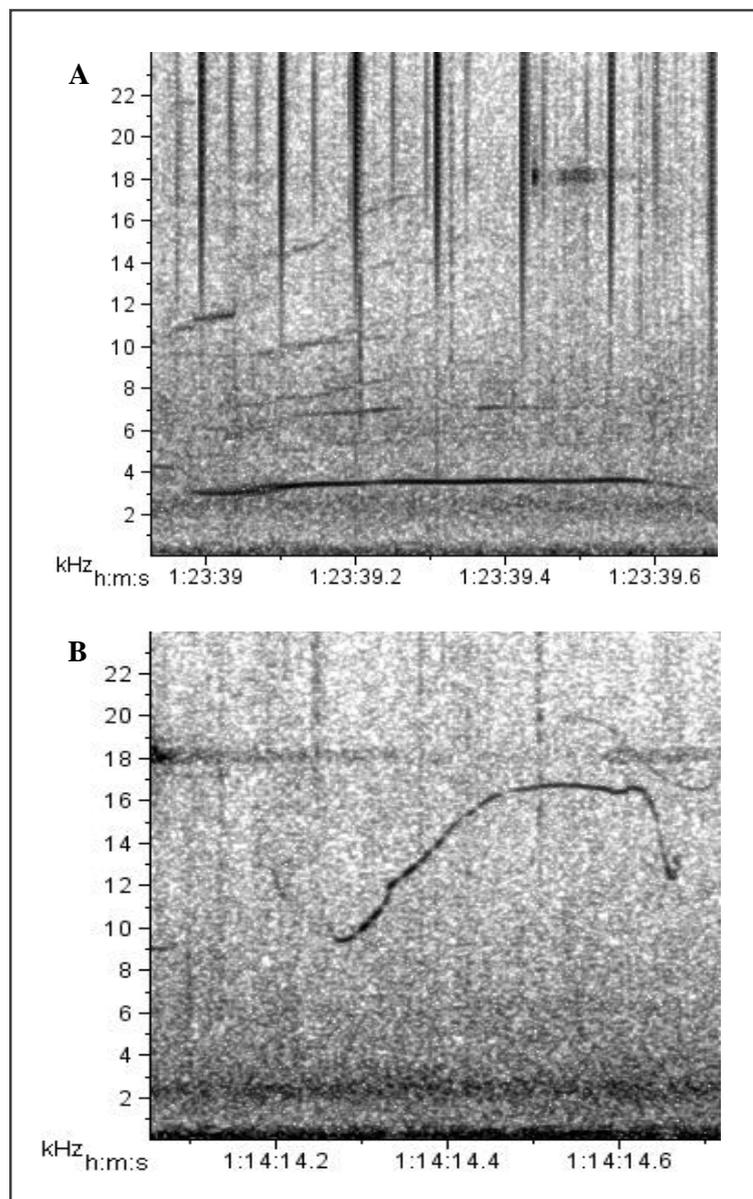


Figura 6: Espectrograma dos assobios de *Globicephala melas* (A) e *Tursiops truncatus* (B) no Oceano Atlântico Sul, Brasil. Eixo X = tempo (h:m:s) e eixo Y = frequência (kHz).

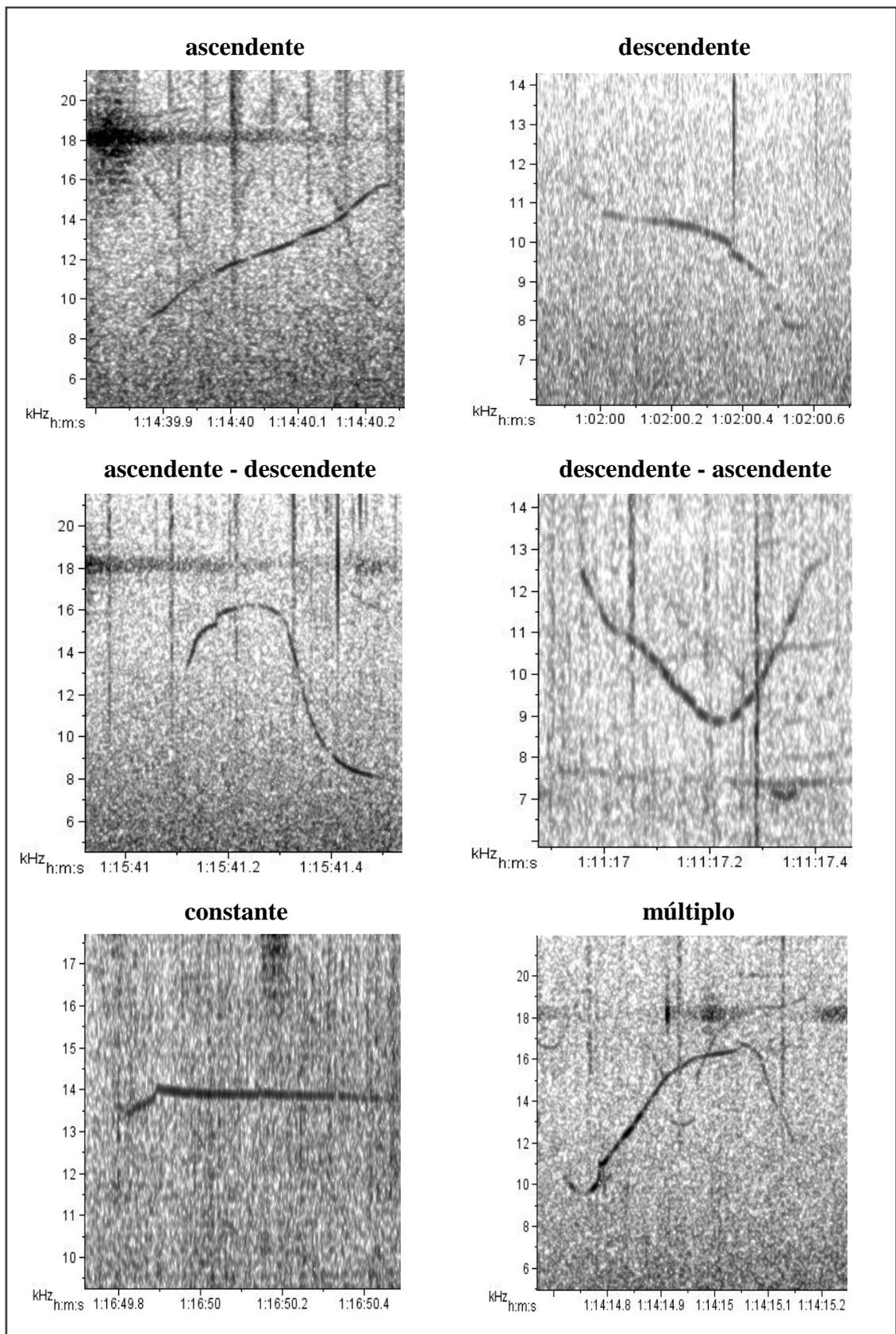


Figura 7: As seis categorias adotadas para classificar o contorno dos assobios emitidos pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil. Eixo X = tempo (h:m:s) e eixo Y = frequência (kHz).

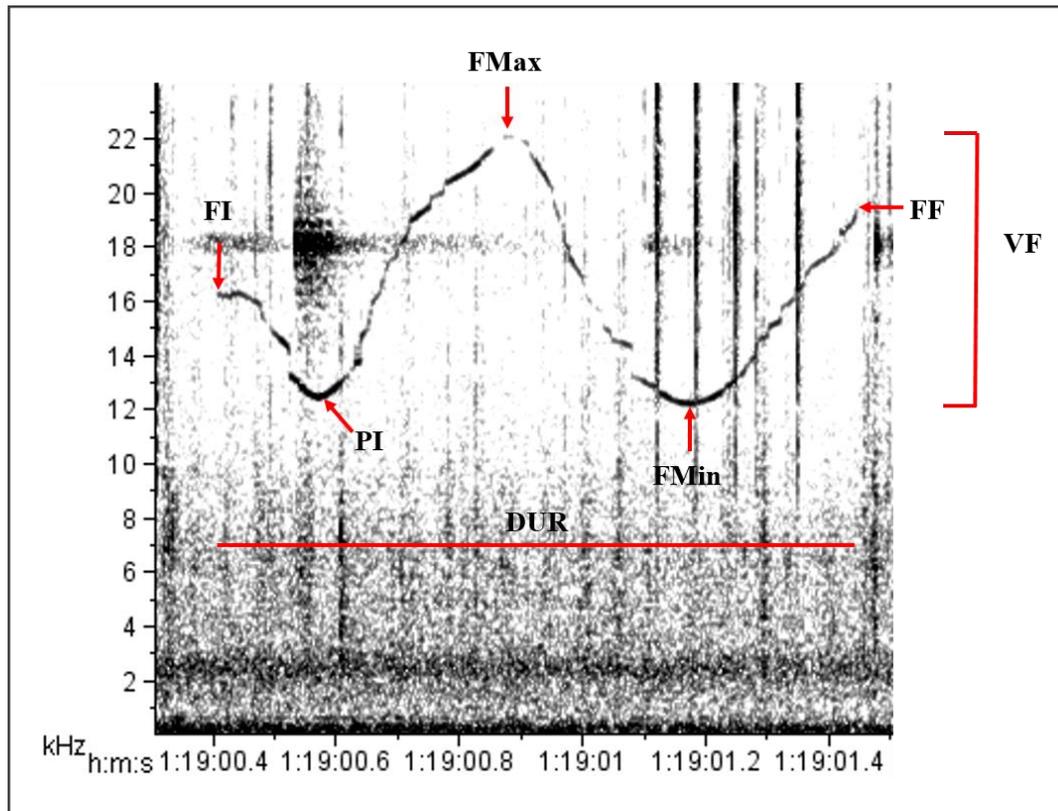


Figura 8: Parâmetros analisados para cada assobio emitido pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil. FMin = frequência mínima, FMax = frequência máxima, VF = variação de frequência, FI = frequência inicial, FF = frequência final, DUR = duração e PI = ponto de inflexão. Eixo X = tempo (h:m:s) e eixo Y = frequência (kHz).

3.3 Análise estatística

A análise discriminante multivariada dos parâmetros acústicos dos assobios de *G. melas* e *T. truncatus* foi realizada a partir do software JMP 13 (*SAS Institute Inc., Cary, NC*). Previamente à análise, os seguintes pressupostos foram verificados: 1) Normalidade: O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para testar a normalidade dos dados ($p > 0,05$). De acordo com a necessidade pode ser extraída a raiz quadrada ou logaritmizar os mesmos. 2) Detecção de valores discrepantes: os *outliers* foram excluídos para não afetar a homogeneidade e a normalidade das variâncias. 3) Multicolinearidade: O teste de correlação de Spearman foi utilizado para avaliar a associação entre os parâmetros acústicos dos assobios. Parâmetros acústicos com alta correlação ($p \approx 1$) não foram considerados na análise discriminante multivariada, pois o poder preditivo pode diminuir com o aumento da correlação entre variáveis predictoras. 4) Homocedasticidade: O teste de Bartlett foi aplicado para verificar a homogeneidade das variáveis. A análise discriminante quadrática foi utilizada quando detectada a não homogeneidade das matrizes de variância/covariância ($p < 0,05$).

O programa fornece uma tabela de porcentagem de classificação correta e uma matriz de correlação canônica. O percentual de classificação correta é uma medida de diferença entre os grupos, a qual é mensurada indicando o quanto os assobios individuais são suficientemente distintos para serem corretamente atribuídos, por funções discriminantes, à sua própria espécie. A correlação canônica é outra medida multivariada das diferenças nas características gerais dos assobios. A partir da plotagem das variáveis canônicas de cada espécie em um sistema de coordenadas X-Y é possível observar as diferenças relativas entre as espécies, as quais são proporcionais às distâncias relativas entre os valores no gráfico (STEINER, 1981).

Pelo fato de algumas variáveis serem mensuradas qualitativamente há a possibilidade de subjetividade na observação, por isso, com o intuito de diminuir o efeito do observador, a análise discriminante multivariada foi realizada apenas com parâmetros acústicos de frequência e temporal, intrínsecos ao assobio emitido.

A análise estatística do contorno visual e dos valores dos parâmetros obtidos para os assobios foram analisados pelo programa *R* (*R Core group 2016*). A distribuição dos assobios nas categorias de classificação de contorno visual foi realizada através do cálculo da frequência relativa. Enquanto a estatística descritiva dos assobios incluiu valores de média, desvio padrão, valor mínimo, valor máximo e coeficiente de variação.

4. RESULTADOS

Um total de 418 assobios foram analisados, sendo 117 classificados como *G. melas* e 301 como *T. truncatus*.

O teste de Shapiro -Wilk mostrou que nenhum dos parâmetros acústicos estão distribuídos de forma normal: frequência mínima ($W = 0,98$; $p < 0,0001$), frequência máxima ($W = 0,95$; $p < 0,0001$), variação de frequência ($W = 0,94$; $p < 0,0001$), frequência inicial ($W = 0,98$; $p < 0,0001$), frequência final ($W = 0,98$; $p < 0,0001$) e duração ($W = 0,89$; $p < 0,0001$). Por isso, os valores dos parâmetros acústicos foram logaritmizados para a análise. Através do teste de Spearman foi verificado que os parâmetros de frequência máxima e frequência final apresentam alta correlação ($p \approx 1$) (Tabela 2), portanto estes parâmetros foram excluídos da análise discriminante multivariada. Sendo assim, esta foi realizada com os seguintes parâmetros acústicos: frequência mínima, variação de frequência, frequência inicial e duração.

Tabela 2: Resultado do teste de Spearman: correlação entre os parâmetros acústicos dos assobios emitidos pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil.

	logFMin	logFMax	logFI	logFF	logDUR	logVF
logFMin	1,000	0,9111	0,9294	0,9103	-0,1282	0,4867
logFMax	0,9111	1,000	0,9015	0,9275	0,0223	0,7872
logFI	0,9294	0,9015	1,000	0,8107	-0,0468	0,5630
logFF	0,9103	0,9275	0,8107	1,000	-0,0689	0,6406
logDUR	-0,1282	0,0223	-0,0468	-0,0689	1,000	0,2369
logVF	0,4867	0,7872	0,5630	0,6406	0,2369	1,000

logFMin = logaritmo da frequência mínima, logFMax = logaritmo da frequência máxima, logFI = logaritmo da frequência inicial, logFF = logaritmo da frequência final, logDUR = logaritmo da duração, logVF = logaritmo da variação de frequência.

O teste de Bartlett mostrou heterogeneidade nos parâmetros de frequência mínima ($p < 0,0001$), variação de frequência ($p < 0,0001$) e frequência inicial ($p < 0,0001$). Desta forma, foi utilizado o método discriminante quadrático para classificar os assobios. A análise discriminante multivariada mostrou que 97,99% dos assobios foram classificados corretamente. A maior porcentagem de acertos de classificação correspondeu à espécie *T. truncatus* (98,61%) (Tabela 3). O resultado das funções discriminantes canônicas está apresentado na Figura 9.

Tabela 3: Resultado da análise discriminante multivariada: comparação dos assobios emitidos por *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil.

Espécies	Contagem Preditiva	
	<i>Globicephala melas</i>	<i>Tursiops truncatus</i>
<i>Globicephala melas</i>	107	4
<i>Tursiops truncatus</i>	4	284

Porcentagem de misclassificação: 2,01
 Número de misclassificação: 8

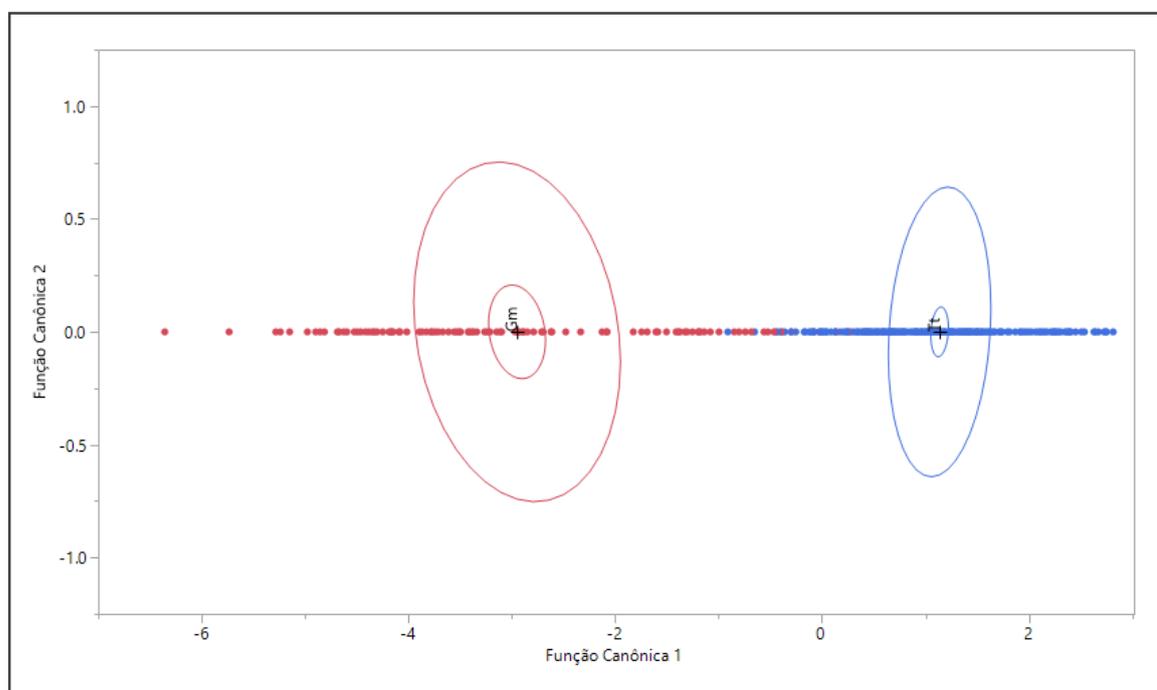


Figura 9: Matriz de correlação canônica dos assobios de *Globicephala melas* (Gm) e *Tursiops truncatus* (Tt) no Oceano Atlântico Sul, Brasil.

Para a análise do número de pontos de inflexão, do contorno visual e dos parâmetros acústicos foram desconsiderados os assobios misclassificados (N=8) e aqueles excluídos pela análise discriminante multivariada (N=19), restando 107 assobios de *G. melas* e 284 de *T. truncatus*.

Dentre as seis categorias de contorno visual dos assobios a denominada constante apresentou maior frequência relativa na espécie *G. melas* (N = 50; 46,73%), seguida por

múltiplo (N = 31; 28,97%), ascendente (N = 14; 13,08%), descendente (N = 6; 5,61%), ascendente – descendente (N = 5; 4,67%) e descendente – ascendente (N = 1; 0,94%). Já na espécie *T. truncatus* os assobios do tipo múltiplo foram relativamente mais frequentes (N = 131; 46,13%), sucedido pelas categorias ascendente (N = 47; 16,55%), ascendente – descendente (N = 47; 16,55%), descendente – ascendente (N = 43; 15,14%), descendente (N = 11; 3,87%) e constante (N = 5; 1,76%).

As médias de todos os parâmetros dos assobios de *T. truncatus* foram maiores do que aquelas encontradas para *G. melas*, exceto pela duração que apresentou média próxima nas duas espécies. Os assobios de *G. melas* variaram entre 1,64 e 13,93 kHz, enquanto os assobios de *T. truncatus* alcançaram frequências entre 5,03 e 23,91 kHz. A baleia-piloto-de-peitoral-longa apresentou coeficiente de variação com valores mais altos para a maioria das variáveis. Em ambas as espécies o número de pontos de inflexão exibiu maior coeficiente de variação e a frequência final mostrou valor superior à frequência inicial (Tabela 4).

Tabela 4: Estatística descritiva dos assobios de *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* no Oceano Atlântico Sul, Brasil: média (desvio padrão), valor mínimo – valor máximo e coeficiente de variação (%).

Espécies	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
<i>Globicephala melas</i> (N=107)	3,98 (1,67)	5,52 (2,41)	1,54 (1,51)	4,39 (1,68)	5,12 (2,61)	0,45 (0,25)	1,17 (1,76)
	1,64 – 9,25	1,95 – 13,93	0,23 – 9,09	1,88 – 9,43	1,64 – 13,76	0,09 – 1,27	0 – 9
	41,86	43,65	98,00	38,36	50,90	56,35	150,37
<i>Tursiops truncatus</i> (N=284)	10,19 (2,65)	15,71 (3,03)	5,53 (2,74)	12,34 (3,36)	13,26 (3,64)	0,46 (0,31)	1,88 (2,01)
	5,03 – 20,06	9,26 – 23,91	0,88 – 14,33	5,73 – 21,95	6,43 – 22,87	0,04 – 1,71	0 – 18
	26,03	19,32	49,63	27,20	27,47	67,43	107,24

FMin = frequência mínima, FMax = frequência máxima, VF = variação de frequência, FI = frequência inicial, FF = frequência final, DUR = duração, PI = número de pontos de inflexão.

5. DISCUSSÃO

A análise de discriminação acústica, a partir das características dos assobios, tem demonstrado ser um método bastante eficiente na identificação de espécies de golfinhos (p.ex., STEINER, 1981; RENDELL *et al.*, 1999; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; OSWALD *et al.*, 2007; BARON *et al.*, 2008; GANNIER *et al.*, 2010; AZZOLIN *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2016).

Os resultados de pesquisas anteriores mostram que os assobios das espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* possuem alto percentual de classificação correta, variando entre 68 e 76% para os assobios da baleia-piloto-de-peitoral-longa (STEINER, 1981; RENDELL *et al.*, 1999; GANNIER *et al.*, 2010; AZZOLIN *et al.*, 2014) e de 46,1 a 89% para aqueles pertencentes ao golfinho-nariz-de-garrafa (STEINER, 1981, OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; OSWALD *et al.*, 2007; BARON *et al.*, 2008; GANNIER *et al.*, 2010; AZZOLIN *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2016). No presente estudo, os assobios de *G. melas* foram classificados corretamente em 96,39% dos casos, enquanto o percentual para *T. truncatus* foi equivalente a 98,61. Isto corrobora com o que foi observado previamente, mostrando que a partir deste tipo de vocalização ambas as espécies podem ser discriminadas com sucesso.

Steiner (1981) sugeriu que a taxa de discriminação dos assobios está ligada à relação de simpatria e alopatría entre as espécies. Desta forma, espécies que em sua distribuição exibem um alto grau de sobreposição geográfica com outras espécies (simpatria) tendem a apresentar assobios com características mais distintas para possibilitar uma eficiente comunicação espécie-específica. Por outro lado, aquelas que virtualmente não apresentam sobreposição geográfica (alopatria) não possuem necessidades ecológicas para uma alta diferenciação entre suas vocalizações.

Esta predição foi suportada pelo estudo de Gannier *et al.* (2010), o qual sugeriu que, em certas situações, as diferenças entre regiões para uma espécie pode ser maior do que as diferenças entre espécies em uma dada região. Este argumento foi embasado na discriminação dos assobios do golfinho-riscado (*Stenella coeruleoalba*) e do golfinho-comum (*Delphinus delphis*) e está relacionado ao grau de simpatria destas duas espécies. No Mediterrâneo, onde existe um histórico de sobreposição entre elas, os assobios apresentaram grande porcentagem de discriminação (GANNIER *et al.*, 2010), enquanto nos trabalhos do Pacífico Tropical Oriental, região em que são espacialmente separadas, os assobios das duas espécies foram altamente confundidos (OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; OSWALD *et al.*, 2007). Em

adição, como foi visto por Rendell *et al.* (1999), a sobreposição na distribuição pode fazer com que mesmo espécies como *G. melas* e *G. macrorhynchus* (baleia-piloto-de-peitoral-curta), que possuem tamanho similar e são altamente correlacionadas filogeneticamente, mostrem características vocais muito divergentes.

Na região da plataforma continental e talude sul brasileiro é comum encontrar diferentes espécies ao mesmo tempo, formando grupos mistos. Di Tullio *et al.* (2016) reportaram a presença *T. truncatus* na metade dos encontros de grupos mistos, em associação com *Stenella frontalis* (golfinho-pintado-do-atlântico), *Grampus griseus* (golfinho-de-risso), *Pseudorca crassidens* (falsa-orca), *Physeter macrocephalus* (cachalote) e, na maioria dos casos, com *G. melas*. Desta forma, a alta porcentagem de discriminação e a fácil identificação dos assobios da baleia-piloto-de-peitoral-longa e do golfinho-nariz-de-garrafa pode estar relacionada à coocorrência destas espécies. Provavelmente uma pressão seletiva (causas proximais) atua de modo a tornar os assobios distintos e, conseqüentemente, permitir que haja uma eficaz comunicação intraespecífica.

A eficiência da discriminação de espécies é dependente de parâmetros que sejam suficientemente explicativos acerca das características espécie-específicas. Para um parâmetro ser considerado adequado como modelo para classificação, este deve se ajustar ao duplo critério descrito por Steiner (1981): baixa variabilidade intraespecífica e alta interespecífica. Esta dupla característica pode ser traduzida como um baixo coeficiente de variação intraespecífico e considerável diferença interespecífica entre as médias do parâmetro. As variáveis de frequência têm sido descritas como os melhores modelos para discriminar as espécies (STEINER, 1981; RENDELL *et al.*, 1999; GANNIER *et al.*, 2010; AZZOLIN *et al.*, 2014).

Steiner (1981) relatou que a frequência máxima foi o parâmetro de frequência que melhor se ajustou ao duplo critério descrito. Rendell *et al.* (1999) observaram que as variáveis de frequência mensuradas por eles possuem alta variação interespecífica. Gannier *et al.* (2010) descreveram que as frequências mínima e máxima e a variação de frequência foram as variáveis mais significativas para discriminar espécies. Enquanto, Azzolin *et al.* (2014) reportaram que as frequências mínima e máxima foram os parâmetros com maior importância na identificação das espécies, porém constataram que a duração e alguns parâmetros de modulação do assobio também podem ser relevantes. Dentre os parâmetros de frequência utilizados na análise discriminante multivariada, as frequências mínima e inicial parecem ser mais apropriadas para a diferenciação dos assobios de *G. melas* e *T. truncatus*, pois se adequam aos critérios descritos. A variação de frequência, embora tenha apresentado média distinta entre as duas espécies, não

demonstrou ser um boa variável modelo para a classificação devido ao elevado coeficiente de variação (Tabela 4).

Posteriormente à discriminação dos assobios, torna-se possível a descrição de suas características de contorno, frequência e tempo específicas para cada espécie. A classificação dos assobios quanto ao contorno já foi previamente realizada para algumas espécies de odontocetos: *Delphinus* sp. (golfinho-comum; ANSMANN *et al.*, 2007; PETRELLA *et al.*, 2011), *G. melas* (WEILGART; WHITEHEAD, 1990), *Orcinus orca* (orca; ANDRIOLO *et al.*, 2015), *Sotalia fluviatilis* (AZEVEDO; SLUYS, 2005), *S. guianensis* (AZEVEDO; SLUYS, 2005; REISS, 2013), *Stenella longirostris* (golfinho-rotador; BAZÚA-DURÁN; AU, 2002; MORON *et al.*, 2015), *Sousa teuszii* (golfinho-corcunda-do-atlântico; WEIR, 2010) e *T. truncatus* (DOS SANTOS *et al.*, 2005; AZEVEDO *et al.*, 2007). Neste quesito, o repertório de assobios de *G. melas* e *T. truncatus* na região da plataforma continental e talude sul brasileiro mostrou ser diversificado, pois abrangeu todas as categorias de contorno visual.

As duas espécies produziram assobios com médias de duração próxima e de número de pontos de inflexão acima de um. A presença de mais de um ponto de inflexão, principalmente no repertório do golfinho-nariz-de-garrafa, está dentro do intervalo encontrado em pesquisas anteriores, as quais reportaram uma média de pontos de inflexão de 0,39 (RENDELL *et al.*, 1999) a 2,28 (AZZOLIN *et al.*, 2014) para *G. melas* e entre 0,89 (CAMPBELL, 2004) e 3,78 (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2008) para *T. truncatus*.

Weilgart e Whitehead (1990), a partir da descrição dos contornos dos assobios da baleia-piloto-de-peitoral-longa, verificaram que a complexidade desta vocalização está diretamente ligada ao comportamento que está sendo executado. Assobios simples (sem pontos de inflexão) são emitidos geralmente durante baixa atividade e comportamento de repouso, em contrapartida, durante comportamentos mais vigorosos e energéticos, que necessitam de uma maior coordenação entre os indivíduos do grupo, são produzidos assobios mais complexos (com um ou mais pontos de inflexão). Além disso, segundo Steiner (1981) e Rendell *et al.* (1999) a duração dos assobios e o número de pontos de inflexão podem estar relacionados a características individuais ou de grupo (p.ex., identidade, estado emocional e comportamento), em virtude da baixa variação interespecífica e do alto coeficiente de variação intraespecífico. Observando as médias e os coeficientes de variação destes dois parâmetros, os resultados deste estudo estão em concordância com o que foi encontrado pelos autores acima citados, desta maneira, a similaridade da duração e o número de pontos de inflexão encontrados para as duas espécies neste estudo e a variação em relação às demais populações pode estar relacionada ao

comportamento efetuado pelos indivíduos durante a gravação e não ser exatamente uma característica espécie-específica (Anexos I e II).

Os assobios da baleia-piloto-de-peitoral-longa apresentam parâmetros acústicos com alto coeficiente de variação. Rendell *et al.* (1999) observaram que dentre as espécies *P. crassidens*, *G. griseus*, *G. macrorhynchus*, *Lagenorhynchus acutus* (golfinho-de-laterais-brancas-do-atlântico) e *G. melas*, esta última obteve coeficiente de variação maior nas variáveis mensuradas. Nos estudos em que tanto a baleia-piloto-de-peitoral-longa quanto o golfinho-nariz-de-garrafa foram analisados os coeficientes de variação da primeira espécie foram em geral mais elevados que da segunda. Steiner (1981) descreveu esta característica em todos os parâmetros, enquanto Azzolin *et al.* (2014), assim como no presente trabalho, verificou exceção na duração do assobio. Esta particularidade da espécie *G. melas* indica que ocorre uma grande variação intraespecífica na emissão desse tipo de vocalização.

O golfinho-nariz-de-garrafa emitiu assobios com médias das variáveis de frequência superiores àquelas referentes aos assobios produzidos pela baleia-piloto-de-peitoral-longa. Além da sobreposição na distribuição, a diferença interespecífica dos assobios pode estar ligada a outros fatores. Pesquisas anteriores sugeriram que os parâmetros de frequência máxima (RENDELL *et al.*, 1999; BAZÚA-DURAN; AU, 2002; PODOS; SILVA; ROSSI-SANTOS, 2002; AZEVEDO; SLUYS, 2005) e mínima (MAY-COLLADO; AGNARSSON; WARTZOK, 2007) são inversamente relacionados ao tamanho do corpo dos odontocetos. Tendo em vista que o tamanho do corpo de um adulto de *G. melas* varia entre 3,8 e 6,3 m e de *T. truncatus* entre 1,9 e 4 m (REINDENBERG; LAITMAN, 2002), os valores das médias dos parâmetros de frequência encontrados neste estudo fortalecem esta hipótese.

A média da frequência final tem sido regularmente descrita com valores acima da média da frequência inicial (p. ex., BAZÚA-DURÁN; AU, 2002; AZEVEDO; SLUYS, 2005). Apesar de ser um fato recorrente e também observado nos assobios das duas espécies na região da plataforma continental e talude sul brasileiro, este não pode ser considerado um padrão intraespecífico, pois populações de uma mesma espécie podem apresentar uma relação oposta entre os dois parâmetros de frequência, como foi anteriormente caracterizado para *G. melas* (STEINER, 1981; RENDELL *et al.*, 1999) e *T. truncatus* (STEINER, 1981; WANG; WÜRSIG; EVANS, 1995; OSWALD; BARLOW; NORRIS, 2003; OSWALD *et al.*, 2007; GANNIER *et al.*, 2010; PAPAIE *et al.*, 2014).

As médias dos parâmetros de frequência dos assobios emitidos pelas espécies *G. melas* e *T. truncatus* por mais que estejam dentro dos valores encontrados previamente – entre 2,82 (STEINER, 1981) e 9,31 kHz (AZZOLIN *et al.*, 2014) para a baleia-piloto-de-peitoral-longa e

de 4,73 (HOFFMANN, 2004) a 17,61 kHz (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2008) para o golfinho-nariz-de-garrafa – apresentaram grandes diferenças quando comparadas a outras populações. Os assobios de *G. melas* foram superiores em frequência aos emitidos no Atlântico Norte e inferiores ao Mediterrâneo, enquanto *T. truncatus* produziu assobios com frequências prevalentemente maiores (exceto no parâmetro de variação de frequência) do que as demais populações, inclusive aquelas caracterizadas no Oceano Atlântico Sul.

As diferenças encontradas entre os estudos realizados em diferentes localidades mostraram que as espécies *G. melas* e *T. truncatus* não possuem um padrão latitudinal na produção dos assobios. Azevedo e Sluys (2005) e Rossi-Santos e Podos (2006) descreveram que os parâmetros de frequência dos assobios da espécie *S. guianensis* tendem a aumentar da região Sul para a região Norte na costa brasileira. Caso esta fosse uma característica das duas espécies, as frequências encontradas no Oceano Atlântico deveriam seguir a característica acima descrita. Por exemplo, considerando apenas os estudos realizados no Oceano Atlântico Sul com o golfinho-nariz-de-garrafa, os assobios aumentariam os parâmetros de frequência acompanhando a seguinte ordem: Argentina (WANG; WÜRSIG; EVANS, 1995), plataforma continental e talude (este estudo), Lagoa dos Patos (AZEVEDO *et al.*, 2007), Tramandaí (HOFFMANN, 2004), Baía de Guanabara (LIMA *et al.*, 2016) e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (HOFFMANN *et al.*, 2012). Contudo, ao observar os valores médios das variáveis de frequência pôde ser visto que esta tendência não foi seguida.

Diferenças nos parâmetros acústicos dos assobios da mesma espécie podem estar associadas à relação social, estrutura populacional, características ambientais e estado comportamental do animal no momento da gravação (RENDELL *et al.*, 1999). Portanto, a disparidade nos resultados encontrados neste estudo em relação às descrições anteriores dos assobios de *G. melas* e *T. truncatus* pode ser reflexo de variações nos aspectos populacionais e ambientais aos quais os animais estavam submetidos.

Os estudos sobre classificação e caracterização dos assobios dos odontocetos, em sua maioria, não descrevem os fatores ambientais e populacionais relativos ao momento da gravação. Devido a este fato, torna-se difícil inferir um motivo concreto para as diferenças intraespecíficas. Contudo, um fator que difere este trabalho dos anteriores e que pode ter colaborado neste aspecto foi a realização da análise de assobios emitidos por um grupo misto formado por *G. melas* e *T. truncatus*, enquanto nas demais pesquisas as duas espécies foram gravadas separadamente.

A formação de grupos mistos de espécies ocorre de maneira comum entre os cetáceos (STENSLAND; ANGERBJÖRN; BERGGREN, 2003), mas, apesar de ser recorrente, pouco se

sabe sobre o efeito desta associação acusticamente. Dentre os golfinhos, a caracterização de assobios emitidos em interações interespecíficas foi realizada apenas em dois trabalhos (WANG; WÜRSIG; LEATHERWOOD, 2001; MAY-COLLADO, 2010). May-Collado (2010) reportou uma queda na porcentagem de classificação correta dos assobios de grupos intraespecíficos de *S. guianensis* e *T. truncatus* para grupos interespecíficos desta duas espécies (de 90,6% para 57%), sugerindo que a composição em grupo misto promove uma modificação na estrutura do assobio. Contudo, diferente deste estudo e daquele realizado por Wang, Würsig e Leatherwood (2001), a autora considerou o grupo misto como uma unidade, caracterizando os assobios sem classificar a qual espécie pertencia. Ao observar a porcentagem de classificação correta próxima a 100% encontrada neste estudo e no de Wang, Würsig e Leatherwood (2001), os resultados sugerem que a formação de grupos mistos permite que os assobios sejam discriminados facilmente entre as espécies.

A classificação e caracterização de assobios de baleia-piloto-de-peitoral-longa e golfinho-nariz-de-garrafa na região da plataforma continental e talude sul brasileiro contribui para o conhecimento sobre o repertório sonoro destas espécies, principalmente no Oceano Atlântico Sul, área na qual os estudos ainda são escassos. Além disto, este trabalho auxilia no entendimento de um aspecto ainda pouco explorado: a relação entre as formação de grupos mistos de espécies de cetáceos e a estrutura das vocalizações emitidas neste contexto. Para a compreensão das pressões que atuam promovendo diferenças intra e interespecíficas nos assobios das espécies *G. melas* e *T. truncatus* faz-se necessário a descrição deste tipo de vocalização em diferentes locais da distribuição das espécies, considerando os fatores ecológicos, comportamentais e populacionais nos quais estão inseridas. Adicionalmente, a análise conjunta de assobios e sons pulsados podem tornar as informações mais acuradas e aumentar a capacidade de classificação das espécies (ROCH *et al.*, 2007; RANKIN *et al.*, 2016; AMORIM *et al.*, submetido).

6. CONCLUSÃO

A análise discriminante multivariada mostrou ser uma ferramenta eficiente na classificação de assobios de espécies. O grupo misto formado pelas espécies *Globicephala melas* e *Tursiops truncatus* na região da plataforma continental e talude sul brasileiro emitiu assobios que foram discriminados com sucesso. A alta taxa de discriminação pode estar associada à coocorrência destas espécies na área de estudo, a qual tende a levar a uma produção de assobios com características mais distintas, permitindo uma eficiente comunicação espécie-específica.

As frequências mínima e inicial foram os parâmetros que melhor discriminaram os assobios das duas espécies, por terem apresentado baixo coeficiente de variação intraespecífico e alta variação interespecífica. Isto corrobora com estudos anteriores, os quais descreveram os parâmetros de frequência como os mais adequados para discriminar espécies.

As baleias-piloto-de-peitoral-longa produziram relativamente mais assobios constantes, enquanto os golfinhos-nariz-de-garrafa emitiram assobios múltiplos com maior frequência. O repertório sonoro dos assobios de ambas as espécies mostrou ser diversificado, sendo representado por todas as seis categorias de contorno visual.

As duas espécies produziram assobios com médias de duração próximas e de número de pontos de inflexão acima de um. Apesar de estarem entre os valores previamente encontrados em outros estudos, estes dois parâmetros apresentaram grande variação em comparação com outras populações de *G. melas* e *T. truncatus*, o que pode estar ligado a características individuais ou do grupo no momento da gravação, como, por exemplo, o comportamento desempenhado.

Os assobios da baleia-piloto-de-peitoral-longa apresentaram parâmetros acústicos com alto coeficiente de variação. Este padrão, já descrito anteriormente, indica que ocorre uma grande variação individual na emissão desse tipo de vocalização.

As médias das variáveis de frequência dos assobios produzidos por *T. truncatus* foram maiores que aquelas encontradas para *G. melas*. Este resultado fortalece a hipótese de que os valores das frequências máxima e mínima podem estar inversamente relacionados ao tamanho do corpo do golfinho.

Em geral, os valores médios dos parâmetros dos assobios de *G. melas* foram maiores do que os emitidos no Atlântico Norte e menores em relação àqueles produzidos no Mediterrâneo, enquanto *T. truncatus* emitiu assobios com frequência superior ao que foi descrito para outras

populações do Oceano Atlântico Sul, Atlântico Norte, Mediterrâneo e Pacífico. Esta diferença sugere que ocorre uma variação intraespecífica dos assobios e que esta não segue o padrão relatado para a espécie *Sotalia guianensis* na costa brasileira, para a qual ocorre um aumento dos valores médios de frequência do sul para o norte.

A formação de grupos mistos de espécies é recorrente entre os golfinhos e a pesquisa sobre a acústica deste tipo de associação é escassa. A partir do estudo acústico dos assobios de *G. melas* e *T. truncatus* na região da plataforma continental e talude sul brasileiro foi possível observar que há a possibilidade de discriminar os assobios de ambas as espécies de forma eficiente, mesmo em interação interespecífica, e caracterizá-los quanto aos parâmetros acústicos. Embora tenham sido discutidas as possíveis causas para as variações intra e interespecíficas, tanto o presente estudo quanto aqueles previamente realizados sobre classificação e caracterização dos assobios de *G. melas* e *T. truncatus* possuem limitações para concluir as hipóteses mencionadas. Para obter respostas referentes a estas diferenças são necessários estudos com abordagens mais amplas, que levem em consideração não apenas as características das vocalizações de espécies gravadas individualmente, mas também em interações interespecíficas. Além disso, há um déficit de dados em relação aos fatores ecológicos, populacionais e comportamentais do momento da gravação, os quais são importantes para complementar o entendimento sobre a individualidade de cada espécie de golfinho e as interações entre elas.

REFERÊNCIAS

- AGNARSSON, I.; MAY-COLLADO, L. J. The phylogeny of Cetartiodactyla: the importance of dense taxon sampling, missing data and the remarkable promise of cytochrome b to provide reliable species-level phylogenies. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 48, p. 964 – 985, 2008.
- AMORIM, T. S. O.; CASTRO, F. R. DE; MORON, J. R.; DUQUE, B. R.; RAMOS, G.; MENDES, R. R.; PALÁCIO, F. B.; DI TULLIO, J. C.; SECCHI, E. R.; ANDRIOLO, A. Acoustic classification of eight delphinid species in the Southwest Atlantic Ocean., submetido.
- ANDRIOLO, A.; REIS, S. S.; AMORIM, T. O. S.; SUCUNZA, F.; CASTRO, F. R. DE; MAYA, Y. G.; ZERBINI, A. N.; BORTOLLOTO, G. A.; DALLA ROSA, L. Killer whale (*Orcinus orca*) whistles from South Atlantic Ocean include high frequency signals. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 138, p. 1996 – 1701, 2015.
- ANSMANN, I. C.; GOOLD, J. C.; EVANS, P. G. H.; SIMMONDS, M. P.; KEITH, S. G. Variation in the whistle characteristics of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, at two locations around the British Isles. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, p. 19 – 26, 2007.
- AU, W. W. L.; HASTINGS, M. C. **Principles of marine bioacoustics**. New York: Springer, 2008.
- AZEVEDO, A. F.; OLIVEIRA, A. M.; DALLA ROSA, L.; LAILSON-BRITO, J. Characteristics of whistles from resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in southern Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 121, p. 2978 – 2983, 2007.
- AZEVEDO, A. F.; SLUYS, M. V. Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: comparisons among populations. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 117, p. 1456 – 1464, 2005.
- AZZOLIN, M.; GANNIER, A.; LAMMERS, M. O.; OSWALD, J. N.; PAPALE, E.; BUSCAINO, G.; BUFFA, G.; MAZZOLA, S.; GIACOMA, G. Combining whistle acoustic parameters to discriminate Mediterranean odontocetes during passive acoustic monitoring. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 135, p. 502 – 512, 2014.
- BALLANCE, L. T. Cetacean Ecology. In: PERRIN, W. F.; WÜRSUG, B.; THEWISSEN, J. G. M. (Eds.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. San Diego: Academic Press, 2002. p. 208 – 214.
- BARON, S. C.; MARTINEZ, M.; GARRISON, L. P.; KEITH, E. O. Differences in acoustic signals from Delphinids in the Western North Atlantic and Northern Gulf of Mexico. **Marine Mammal Science**, v. 24, p. 42 – 56, 2008.
- BAZÚA-DURÁN, C.; AU, W. W. L. The whistles of Hawaiian spinner dolphins. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 112, p. 3064 – 3072, 2002.

BRADBURY, J. W.; VEHRENCAMP, S. L. **Principles of Animal Communication**. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998.

BRILL, R. L.; MOORE, P. W. B.; DANKIEWICZ, L. A. Assessment of dolphin (*Tursiops truncatus*) auditory sensitivity and hearing loss using jawphones. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 109, p.1717 – 1722, 2001.

BUSNEL R.; DZIEDZIC, A. Acoustic signals of the pilot whale *Globicephala melaena* and of the porpoises *Delphinus delphis* and *Phocoena phocoena*. In: NORRIS, K. S. (Ed.). **Whales, dolphins and porpoises**. Berkeley: University of California Press, 1966. p. 607–648.

BUSNEL, R.G., ESCUDIE, B., DZIEDZIC, A.; HELLION, A. Structure des clics doubles d'écholocation du *globicephale* (Cetace odontocete). **Comptes rendus del'Académie des sciences**, v. 272, p. 2459 – 2461, 1971.

CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. Individualized whistle contours in bottle-nosed dolphins (*Tursiops truncatus*). **Nature**, v. 207, p. 434 – 435, 1965.

CAMPBELL, G.S. **Quantitative comparison of bottlenose dolphin (*Tursiops spp.*) whistles from three geographic regions**. 2004. 93f. Dissertação (Mestrado de Ciências em Estudos Interdisciplinares: Comportamento Animal) – Universidade do Estado de San Diego, San Diego, 2004.

CRANFORD, T. W.; ELSBERRY, W. L.; VAN BONN, W. G.; JEFFRESS, J. A.; CHAPLIN, M. S.; BLACKWODD, D. J.; CARDER, D. A.; KAMOLNICK, T.; TODD, M. A.; RIDGWAY, S. A. Observation and analysis of sonar signal generation in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): Evidence of two sonar sources. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 407, p. 81 – 96, 2011.

CRANFORD, T. W.; KRYSL, P.; AMUNDIN, M. A new acoustic portal into the odontocete ear and vibrational analysis of the timpanoperiotic complex. **PLoS ONE**, v. 5, p. e11927, 2010.

CRANFORD, T. W.; KRYSL, P.; HILDEBRAND, J. A. Acoustic pathways revealed: simulated sound transmission and reception in Curvier's beaked whale (*Ziphius cavirostris*). **Bioinspiration & Biomimetics**, v. 3, p. 1 – 10, 2008.

DÍAZ LÓPEZ, B. Whistles characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: Influence of behavior. **Mammalian Biology**, v. 76, p. 180 – 189, 2011.

DI TULLIO, J. C.; GANDRA, T. B. R.; ZERBINI, A. R.; SECCHI, E. R. Diversity and distribution patterns of cetaceans in the subtropical Southwestern Atlantic outer continental shelf and slope. **PLoS ONE**, v. 11, p. e0155841, 2016.

DOS SANTOS, M. E.; LOURO, S.; COUCHINHO, M.; BRITO, C. Whistles of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Sado Estuary, Portugal: characteristics, production rates, and long-term contour stability. **Aquatic Mammals**, v. 31, p. 452 – 461, 2005.

DUDZINSKI, K. M.; THOMAS, J. A.; DOUAZE, E. Communication. In: PERRIN, W. F.; WÜRSUG, B.; THEWISSEN, J. G. M. (Eds.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. San Diego: Academic Press, 2002. p. 248 – 268.

ESCH, H. C.; SAYIGH, L. S.; WELLS, R. S. Quantifying parameters of bottlenose dolphins signature whistles. **Marine Mammal Science**, v. 25, p. 976 – 986, 2009.

ESKESEN, I. G.; WAHLBERG, M.; SIMON, M.; LARSEN, O. N. Comparison of echolocation clicks from geographically sympatric killer whales and long-finned pilot whales (L). **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 130, p. 9 – 12, 2011.

GANNIER, A.; FUCHS, S.; QUÈBRE, P.; OSWALD, J. N. Performance of a contour-based classification method for whistles of Mediterranean delphinids. **Applied Acoustics**, v. 71, p.1063 – 1069, 2010.

HAMMOND, P. S.; BEARZI, G.; BJORGE, A.; FORNEY, K. A.; KARKZMARSKI, L.; KASUYA, T.; PERRIN, W. F.; SCOTT, M. D.; WANG, J. Y.; WELLS, R. S.; WILSON B. ***Tursiops truncatus***. The IUCN Red List of Threatened Species. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T41714A17600466.en>>. Acesso em: 05 fev. 2017.

HARLEY, H. E. Whistle discrimination and categorization by the Atlantic bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): A review of the signature whistle framework and perceptual test. **Behavioural Processes**, v. 77, p. 243 – 268, 2008.

HASSANIN, A.; DELSUC, F.; ROPIQUET, A.; HAMMER, C.; VAN VUUREN, B. J.; MATTHEE, C.; RUIZ-GARCIA, M.; CATZEFLIS, F.; ARESKOU, V.; NGUYEN, T. T.; COULOUX, A. Pattern and timing of diversification of Cetartiodactyla (Mammalia, Lausariatheria), as revealed by a comprehensive analysis of mitochondrial genomes. **Comptes Rendus Biologies**, v. 335, p. 32 – 50, 2012.

HERMAN, L. M.; TAVOLGA, W. N. The communication systems of cetaceans. In: HERMAN, L. M. (Ed.). **Cetacean behavior: mechanisms and functions**. New York: Wiley-Interscience, 1980. p. 149 – 209.

HOFFMANN, L. S. **Um estudo de longa duração de um grupo costeiro de golfinhos *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) (Cetacea, Delphinidae) no sul do Brasil**: Aspectos de sua biologia e bioacústica. 2004. 290f. Tese (Doutorado em Biologia Animal: Biologia e Comportamento Animal) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

HOFFMANN, L. S.; FERLIN, E.; FRUET, P. F.; GENOVÊS, R. C.; VALDEZ, F. P.; DI TULLIO, J. C.; CAON, G.; FREITAS, T. R. Whistles of bottlenose dolphins: group repertoires and geographic variation in Brazilian waters. In: Popper, A. N. & Hawkins, A. (Eds.) **The effects of noise in aquatic life**. New York: Springer Science + Business Media, LLC, 2012. p. 141 – 144.

JANIK, V. M. Food-related bray calls in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Proceedings of the Royal Society of London B**, v. 267, p. 923 – 927, 2000.

- JANIK, V. M.; SAYIGH, L. S. Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. **Journal of Comparative Physiology**, v. 199, p. 479 – 489, 2013.
- JANIK, V. M.; SLATER, P. J. B. Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. **Animal Behaviour**, v. 56, p. 829 – 838, 1998.
- JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A.; PITMAN, R. L. Taxonomic groupings above the species level. In: _____ (Eds.). **Marine mammals of the world: a comprehensive guide of their identification**. Londres: Academic Press, 2015. p. 17.
- KASSEWITZ, J.; HYSON, M. T.; REID, J. S.; BARRERA, R. L. A phenomenon discovered while imaging dolphin echolocation sounds. **Journal of Marine Science: Research and Development**, v. 6, 1000202, 2016.
- KETTEN, D. R. Functional analyses of whale ears: Adaptations for underwater hearing. **Proceedings in Underwater Acoustics**, v.1, p. 264 – 270, 1994.
- KRIESELL, H. J.; ELWEN, S. H.; NASTASI, A.; GRIDLEY, T. Identification and Characteristics of Signature Whistles in Wild Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) from Namibia. **Plos One**, v. 9, e106317, 2014.
- LAMMERS, M. O.; AU, W. W. L.; HERZING, D. L. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. **Journal of the Acoustical Society of America**, v.114, p. 1629 – 1639, 2003.
- LIMA, I. M. S.; ANDRADE, L. G.; BITTENCOURT, L.; BISI, T. L.; FLACH, L.; LAILSON-BRITO, J.; AZEVEDO, A. F. Whistle comparison of four delphinid species in Southeastern Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 139, p. 124 – 127, 2016.
- MACDONALD, D. W. **The encyclopedia of mammals**. Oxford: University of Oxford Press, 2006.
- MARQUES, A. B. Abordagens sobre a bioacústica na ornitologia Parte I - Conceitos básicos. **Atualidades Ornitológicas On-line**, v. 146, p. 38 – 40, 2008.
- MCCOWAN, B.; REISS, D. Quantitative comparison of whistle repertoires from captive adult bottlenose dolphins (Delphinidae, *Tursiops truncatus*): a re-evaluation of signature whistle hypothesis. **Ethology**, v. 100, p. 194 – 209, 1995.
- MCCOWAN, B.; REISS, D. The fallacy of ‘signature whistles’ in bottlenose dolphins: a comparative perspective of ‘signature information’ in animal vocalizations. **Animal Behaviour**, v. 62, p. 1151 – 1162, 2001.
- MAY-COLLADO, L. J. Changes in whistle structure of two dolphin species during interspecific associations. **Ethology**, v. 116, p. 1 – 10, 2010.
- MAY-COLLADO, L. J.; AGNARSSON, I.; WARTZOK, D. Phylogenetic review of tonal sound production in whales in relation to sociality. **BMC Evolutionary Biology**, v. 7, p. 1 – 20, 2007.

- MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation. **Journal of Mammalogy**, v. 89, p. 1229 – 1240, 2008.
- MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. Sounds produced by tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) from the Napo and Aguarico rivers of Ecuador. **LAJAM**, v. 8, p. 131 – 136, 2010.
- MELLINGER, D.; BARLOW, J. Future directions for acoustic marine mammal surveys: Stock assessment and habitat use. **NOAA OAR Special Report**, v. 2557, p. 1 – 38, 2003.
- MORISAKA, T.; CONNOR, R. C. Predation by killer whales (*Orcinus orca*) and the evolution of whistle loss and narrow-band high frequency clicks in odontocetes. **The Authors**, v. 20, p. 1439 – 1458, 2007.
- MORON, J. R.; AMORIM, T. O. S.; SUCUNZA, F.; CASTRO, F. R.; ROSSI-SANTOS, M.; ANDRIOLO, A. Spinner dolphin whistle in the Southwest Atlantic Ocean: Is there a geographic variation? (L). **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 138, p. 2495 – 2498, 2015.
- NEMIROFF, L.; WHITEHEAD, H. Structural characteristics of pulsed calls of long-finned pilot whales *Globicephala melas*. **Bioacoustics**, v. 19, p. 67 – 92, 2009.
- O'LEARY, M. A.; GATESY, J. Impact of increased character sampling on the phylogeny of Cetartiodactyla (Mammalia): combined analysis including fossils. **Cladistics**, v. 24, p. 397 – 442, 2008.
- OLSON, P. A.; REILLY, S. B. Pilot whales: *Globicephala melas* and *G. macrorhynchus*. In: PERRIN, W. F.; WURSIG, B.; THEWISSEN, J. G. N. (Eds.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. Academic Press, 2002. p. 898-903.
- OSWALD, J. N.; BARLOW, J.; NORRIS, T. F. Acoustic identification of nine delphinid species in the Eastern Tropical Pacific Ocean. **Marine Mammal Science**, v. 19, p. 20 – 37, 2003.
- OSWALD, J. N.; RANKIN, S.; BARLOW, J.; LAMMERS, M. O. A tool for real-time acoustic species identification of delphinid species. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 122, p. 587 – 595, 2007.
- PAPALE, E.; AZZOLIN, M.; CASCÃO, I.; GANNIER, A.; LAMMERS, M. O.; MARTIN, V. M.; OSWALD, J.; PEREZ-GIL, M.; PRIETO, R.; SILVA, M. A.; GIACOMA, C. Acoustic divergence between bottlenose dolphin whistles from de Central-Eastern North Atlantic and Mediterranean Sea. **Acta Ethologica**, v. 17, p. 155 – 165, 2014.
- PETRELLA, V.; MARTINEZ, E.; ANDERSON, M. G.; STOCKIN, K. A. Whistle characteristics of common dolphins (*Delphinus* sp.) in the Hauraki Gulf, New Zealand. **Marine Mammal Science**, v. 28, p. 479 – 496, 2011.
- PODOS, J.; SILVA, V. M. F.; ROSSI-SANTOS, M. R. Vocalizations of Amazon river dolphins, *Inia geoffrensis*: Insights into the evolutionary origins of delphinid whistles. **Ethology**, v. 108, p. 601 – 612, 2002.

POPPER, A. N.; EDDS-WALTON, P. L. Bioacoustics of Marine Vertebrates. In: CROCKER, M. J. (Ed.). **Encyclopedia of acoustics**. New York: Wiley-Interscience, 1997. p. 1831 – 1836.

PRICE, S. A.; BININDA-EMONDS, O. R. P.; GITTLEMAN, J. L. A complete phylogeny of the whales, dolphins and even-toed hoofed mammals (Cetartiodactyla). **Biological Reviews**, v. 80, p. 445 – 473, 2005.

QUÉROUIL, S.; SILVA, M. A.; CASCÃO, I.; MAGALHÃES, S.; SEABRA, M. I.; MACHETE, M. A.; SANTOS, R. S. Why do dolphins form mixed-species associations in the Azores? **Ethology**, v. 114, p. 1183 – 1194, 2008.

RANKIN, S.; ARCHER, F.; KEATING, J. L.; OSWALD, J. N.; OSWALD, M.; CURTIS, A.; BARLOW, J. Acoustic classification of dolphins in the California Current whistles, echolocation clicks and burst pulses. **Marine Mammal Science**, 2016. doi:10.1111/mms.12381.

REINDENBERG, J. S.; LAITMAN, J. T. Prenatal development in Cetaceans. In: PERRIN, W. F.; WURSIG, B.; THEWISSEN, J. G. N. (Eds.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. San Diego: Academic Press, 2002. p. 1005.

REIS, S.S. **Caracterização das emissões sonoras do boto-cinza *Sotalia guianensis* (Van Benédén, 1864) (Cetacea: Delphinidae) e a Investigação do ambiente acústico na Baía de Benevente, ES**. 2013. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Comportamento e Biologia Animal) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

RENDALL, D.; OWREN, M. J.; RYAN, M. J. What do animal signals mean? **Animal Behaviour**, v. 78, p. 233 – 240, 2009.

RENDELL, L. E.; MATTHEWS, J. N.; GILL, A.; GORDON, J. C. D.; MACDONALD, D. W. Quantitative analysis of tonal calls from five odontocete species, examining interspecific and intraspecific variation. **Journal of Zoology**, v. 249, p. 403 – 410, 1999.

REYNOLDS, J. E.; ROMMELL, R. **The biology of marine mammals**. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1999.

RIDGWAY, S. H. Dolphin hearing and sound production in health and illness. In: FAY, R. R.; GOVERITCH, G. (Eds.). **Hearing and Other Senses: Presentations in Honor of E. G. Wever**. Groton: The Amphora Press, 1983. p. 247 – 296.

ROCH, M. A.; SOLDEVILLA, M. S.; BURTENSHAW, J. C.; HERNDERSON, E. E.; HILDEBRAND, J. A. Gaussian mixture model classification of odontocetes in the Southern California Bight and the Gulf of California. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 121, p. 1737 – 1748, 2007.

ROSSI-SANTOS, M.; PODOS, J. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. **Behaviour**, v. 143, p. 347 – 364, 2006.

SAYIGH, L. S.; ESCH, C.; WELLS, R. S.; JANIK, V. M. Facts about signature whistles of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Animal Behaviour**, v. 74, p. 1631 – 1642, 2007.

- STEINER, W. W. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalization of five Western North Atlantic dolphin species. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 9, p. 241 – 248, 1981.
- STENSLAND, E.; ANGERBJÖRN, A.; BERGGREN, P. Mixed species groups in mammals. **Mammal Review**, v. 33, p. 205 – 223, 2003.
- TARUSKI, A. G. The whistle repertoire of the North Atlantic pilot whale (*Globicephala melana*) and its relationship to behavior and environment. In: WINN, H. E; OLLA, B. C. (Eds.). **Behavior of Marine Animals**. New York: Plenum Pres, 1979. p. 345–368.
- TAYLOR, B. L.; BAIRD, R.; BARLOW, J.; DAWSON, S. M.; FORD, J.; MEAD, J. G.; NOTARBARTOLO DI SCIARA, G.; WADE, P.; PITMAN, R. L. *Globicephala melas*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. 2008. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 05 fev. 2017.
- THEWISSEN, J. G. M.; WILLIAMS, E. M.; ROE, L. J.; HUSSAIN, S. T. Skeletons of terrestrial cetaceans and the relationship of whales and artiodactyls. **Nature**, v. 413, p. 277 – 281, 2001.
- TYACK, P. L. Development and social functions of signature whistles in bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*. **Bioacoustics**, v. 8, p. 21 – 46, 1997.
- TYACK, P. L. Functional aspects of cetacean communication. In: MANN, J.; CONNOR, R. C.; TYACK, P. L.; WHITEHEAD, H. (Eds.). **Cetacean Societies: Field studies of dolphins and whales**. Chicago: The University of Chicago Press, 2000. p. 270 – 307.
- TYACK, P. L.; CLARK, C. W. Communication and acoustic behavior of dolphins and whales. In: AU, W. W. L.; POPPER, A. N.; FAY, R. R. (Eds.) **Hearing by whales and dolphins**. New York: Springer-Verlag, 2000, p. 156 – 224.
- TYACK, P. L.; MILLER, E. H. Vocal anatomy, acoustic communication and echolocation. In: HOELZEL, A. R. (Ed.). **Marine mammal biology: An evolutionary approach**. Oxford: Blackwell Science, 2002. p. 142 – 184.
- VISLOBOKOVA, I. A. On the origin of Cetartiodactyla: comparison of data on evolutionary morphology and molecular biology. **Paleontological Journal**, v. 47, p. 321 – 334, 2013.
- WANG, D.; WÜRSIG, B.; EVANS, W. Whistles of bottlenose dolphins: Comparisons among populations. **Aquatic Mammal**, v. 21, p. 65 – 77, 1995.
- WANG, D.; WÜRSIG, B.; LEATHERWOOD, S. Whistles of boto, *Inia geoffrensis*, and tucuxi, *Sotalia fluviatilis*. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 109, p. 407 – 411, 2001.
- WEILGART, L. S.; WHITEHEAD, H. Vocalizations of the North Atlantic pilot whale (*Globicephala melas*) as related to behavioral contexts. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 26, p. 399 – 402, 1990.
- WEIR, C. R. First description of atlantic humpback dolphin *Sousa teuszii* whistles, recorded off Angola. **Bioacoustics**, v. 19, p. 211 – 224, 2010.

WELLS, R. S.; SCOTT, M. D. Bottlenose dolphins: *Tursiops truncatus* and *T. aduncus*. In: PERRIN, W. F.; WÜRSIG, B. & THEWISSEN, J. G. N. (Eds.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. Academic Press, 2002. p. 122.

ZERBINI, A. N.; SECCHI, E. R.; BASSOI, M.; DALLA ROSA, L.; HIGA, A.; SOUSA, L.; MORENO, I. B.; MÖLLER, L. M.; CAON, G. **Distribuição e abundância relativa de cetáceos na Zona Econômica Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP, 2004. (Série documentos Revizee: Score Sul).

ZWAMNORN, E. M. J.; WHITEHEAD, H. Repeated call sequences and behavioural context in long-finned pilot whales off Cape Breton, Nova Scotia, Canada. **Bioacoustics**, p. 1 – 15, 2016.

ANEXOS

Anexo I: Estatística descritiva dos parâmetros acústicos dos assobios de *Globicephala melas* obtida por diversos estudos: média (desvio padrão), valor mínimo – valor máximo e coeficiente de variação. As cores intercaladas equivalem ao Oceano Atlântico Sul, Atlântico Norte e Mediterrâneo, respectivamente.

Local	N	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
Oceano Atlântico Sul, Brasil (Este estudo)	107	3,98 (1,67) 1,64 – 9,25 41,86	5,52 (2,41) 1,95 – 13,93 43,65	1,54 (1,51) 0,23 – 9,09 98,00	4,39 (1,68) 1,88 – 9,43 38,36	5,12 (2,61) 1,64 – 13,76 50,90	0,45 (0,25) 0,09 – 1,27 56,35	1,17 (1,76) 0 – 9 150,37
Oceano Atlântico Norte, Canadá (Steiner, 1981)	1529	2,82 (1,19) ----- 42	4,72 (1,94) ----- 41	----- ----- -----	3,69 (1,68) ----- 46	3,49 (1,88) ----- 54	0,71 (0,69) ----- 97	1,01 (1,29) ----- 127
Oceano Atlântico Norte, Canadá (Rendell <i>et al.</i> , 1999)	384	3,54 (1,80) ----- 51	4,99 (2,46) ----- 49	1,46 (1,42) ----- 97	4,18 (2,11) ----- 50	4,28 (2,27) ----- 53	0,62 (0,28) ----- 45	0,39 (0,80) ----- 207
Oceano Atlântico Norte, Inglaterra (Rendell <i>et al.</i> , 1999)	379	3,03 (1,28) ----- 42	4,69 (2,11) ----- 45	1,67 (1,44) ----- 86	3,90 (1,84) ----- 47	3,61 (1,92) ----- 53	0,70 (0,36) ----- 51	1,11 (1,26) ----- 114
Mediterrâneo, França (Rendell <i>et al.</i> , 1999)	231	4,15 (2,72) ----- 65	8,86 (4,13) ----- 47	4,72 (3,20) ----- 68	5,71 (3,62) ----- 63	5,15 (3,66) ----- 71	0,93 (0,52) ----- 56	1,74 (2,36) ----- 136

Local	N	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
Mediterrâneo Ocidental (Gannier <i>et al.</i> , 2010)	158	3,19 (2,26)	6,38 (4,40)	3,19 (2,89)	4,18 (3,01)	4,91 (4,18)	0,89 (0,55)	2,1 (2,9)
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Mediterrâneo Ocidental ^a (Azzolin <i>et al.</i> , 2014)	133	4,06 (0,25)	9,31 (0,47)	5,25 (0,29)	5,69 (0,48)	6,98 (0,43)	0,90 (0,04)	2,28 (0,21)
		0,53 – 11,80	2,70 – 23,41	-1,46 – 16,51	0,53 – 44,22	0,79 – 22,65	0,11 – 2,20	0 – 18
		71,15	58,43	65,80	96,99	70,33	46,54	104,12

FMin = frequência mínima, FMax = frequência máxima, VF = variação de frequência, FI = frequência inicial, FF = frequência final, DUR = duração, PI = número de pontos de inflexão.

a = erro padrão

Anexo II: Estatística descritiva dos parâmetros acústicos dos assobios de *Tursiops truncatus* obtida por diversos estudos: média (desvio padrão), valor mínimo – valor máximo e coeficiente de variação. As cores intercaladas equivalem ao Oceano Atlântico Sul, Atlântico Norte, Mediterrâneo e Pacífico, respectivamente.

Local	N	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
Oceano Atlântico Sul, Brasil (Este estudo)	284	10,19 (2,65) 5,03 – 20,06 26,03	15,71 (3,03) 9,26 – 23,91 19,32	5,53 (2,74) 0,88 – 14,33 49,63	12,34 (3,36) 5,73 – 21,95 27,20	13,26 (3,64) 6,43 – 22,87 27,47	0,46 (0,31) 0,04 – 1,71 67,43	1,88 (2,01) 0 – 18 107,24
Golfo San José, Argentina (Wang <i>et al.</i> , 1995)	110	5,91 (1,50) 1,17 – 10,08 25,71	13,65 (1,54) 9,38 – 17,11 11,28	----- ----- -----	9,24 (2,74) 1,17 – 16,09 29,65	6,63 (2,29) 3,05 – 15,94 34,60	1,14 (0,49) 0,18 – 0,27 42,74	1,58 (1,24) 0 – 8 78,66
Tramandaí, Brasil (Hoffmann, 2004)	1768	4,73 (1,09) 1,38 – 10,39 23	10,38 (2,31) 3,03 – 17,15 22	5,65 (2,35) 0,95 – 12,62 42	5,64 (1,78) 1,73 – 15,81 31	8,59 (2,81) 1,38 – 17,15 33	0,39 (0,27) 0,04 – 1,94 68	1,63 0 – 10 -----
Lagoa dos Patos, Brasil (Azevedo <i>et al.</i> , 2007)	788	5,96 (2,15) 1,20 – 17,20 36,10	12,21 (3,20) 3,60 – 22,30 26,20	6,25 (3,34) 0,10 – 16,60 53,40	8,28 (3,11) 3,10 – 20,80 37,60	8,37 (3,70) 2,80 – 22,30 44,20	0,55 (0,39) 0,05 – 2,46 71,20	1,42 (1,85) 0 – 14 92,50
Arquipélagos São Pedro e São Paulo, Brasil (Hoffmann <i>et al.</i> , 2012)	720	6,40 (2,08) – 17,41 -----	15,03 (3,44) – 24,00 -----	8,63 (3,01) – 18,70 -----	9,82 (5,13) – 24,00 -----	----- ----- -----	0,80 (0,40) – 2,73 -----	----- ----- -----

Local	N	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
Baía de Guanabara, Brasil (Lima <i>et al.</i> , 2016)	91	9,90 (2,90) 3,70 – 18,40 -----	17,30 (4,30) 8,80 – 33,10 -----	7,40 (4,20) 1,30 – 21,70 -----	12,30 (3,50) 6,80 – 24,10 -----	13,20 (4,50) 3,70 – 27,40 -----	0,80 (0,64) 0,11 – 2,59 -----	1,40 (1,60) 0 – 8 -----
Oceano Atlântico Norte, Canadá (Steiner, 1981)	858	7,33 (1,66) ----- 23	16,24 (2,69) ----- 17	----- ----- -----	11,26 (3,99) ----- 35	10,23 (3,65) ----- 36	1,30 (0,63) ----- 48	2,86 (2,45) ----- 86
Galveston, Texas (Wang <i>et al.</i> , 1995)	811	5,98 (2,30) 1,86 – 18,92 38,54	11,95 (3,08) 3,91 – 21,61 25,81	----- ----- -----	7,95 (2,88) 2,50 – 20,66 36,06	9,02 (3,96) 2,00 – 21,61 43,96	0,75 (0,46) 0,05 – 3,20 61,87	2,57 (2,62) 0 – 17 101,82
Corpus Christi, Texas (Wang <i>et al.</i> , 1995)	617	5,88 (2,65) 2,11 – 14,53 27,68	11,43 (3,80) 3,44 – 20,75 33,19	----- ----- -----	7,43 (2,44) 2,89 – 6,75 32,81	8,71 (4,04) 2,34 – 20,66 46,31	0,69 (0,41) 0,05 – 2,63 60,50	2,14 (2,97) 0 – 37 138,49
South Padre Island, Texas (Wang <i>et al.</i> , 1995)	549	5,37 (1,12) 2,58 – 9,45 20,78	10,33 (2,80) 4,53 – 19,14 27,08	----- ----- -----	8,70 (2,95) 3,13 – 18,75 33,91	6,40 (2,44) 2,59 – 14,92 38,11	0,60 (0,26) 0,09 – 2,08 43,66	1,37 (1,65) 0 – 15 119,84
Texas, Golfo do México (Wang <i>et al.</i> , 1995)	2022	5,77 (1,84) 1,86 – 18,92 31,82	11,32 (3,31) 3,44 – 1,61 29,24	----- ----- -----	8,01 (2,81) 2,50 – 20,66 35,09	8,16 (3,78) 2,00 – 21,61 46,38	0,68 (0,40) 0,05 – 3,20 58,85	2,09 (2,54) 0 – 37 121,80

Local	N	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
Turneff Atoll, Belize (Campbell, 2004)	216	5,32 (1,56)	12,85 (4,55)	7,53 (4,49)	5,80 (2,04)	11,85 (4,61)	0,53 (0,38)	0,89 (1,54)
		1,96 – 10,50	3,84 – 19,87	0,28 – 20,35	2,25 – 13,10	3,18 – 23,25	0,06 – 2,64	0 – 8
		29,00	35,00	60,00	35,00	39,00	65,00	173,00
Estuário do Sado, Portugal (dos Santos <i>et al.</i> , 2005)	735	5,40 (1,20)	15,00 (2,70)	-----	5,80 (1,80)	12,10 (4,40)	0,86 (0,39)	-----
		2,00 – 9,00	7,90 – 21,00	-----	2,00 – 15,30	2,20 – 21,00	0,26 – 4,13	-----
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Golfo do México ^a (Baron <i>et al.</i> , 2008)	26	7,87 (0,20)	16,19 (0,40)	8,29 (0,38)	10,82 (0,35)	11,17 (0,53)	0,88 (0,05)	3,02 (0,27)
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Oceano Atlântico Norte ^a (Baron <i>et al.</i> , 2008)	21	8,24 (0,40)	15,03 (0,61)	6,81 (0,59)	10,64 (0,55)	12,40 (0,61)	0,62 (0,06)	1,43 (0,21)
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
América Central, Caribe (May-Collado & Wartzok, 2008)	151	5,52 (2,08)	16,50 (4,83)	11,01 (4,02)	8,76 (3,67)	11,21 (5,34)	1,00 (0,72)	3,20 (3,81)
		1,60 – 11,91	1,70 – 28,48	3,25 – 22,90	1,61 – 21,97	4,10 – 27,14	0,06 – 3,81	0 – 20
		37,70	27,18	36,34	42,07	47,68	72,45	118,96
Gandoca-Manzanillo, Costa Rica (May-Collado & Wartzok, 2008)	77	5,68 (2,24)	17,61 (4,93)	11,94 (4,32)	8,43 (3,66)	13,15 (5,57)	0,89 (0,69)	2,64 (3,41)
		1,61 – 10,85	8,77 – 28,48	4,21 – 22,90	1,61 – 17,21	4,13 – 27,14	0,09 – 3,40	0 – 19
		39,30	28,00	36,20	43,50	42,40	77,10	129,50

Local	N	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
Bocas del Toro, Panamá (May – Collado & Wartzok, 2008)	74	5,34 (1,90) 1,60 – 11,90 35,63	15,34 (3,65) 1,70 – 23,63 23,81	10,18 (3,50) 3,25 – 19,56 34,38	9,10 (3,70) 3,42 – 21,97 40,66	9,19 (4,27) 4,21 – 22,22 46,47	1,10 (0,74) 0,06 – 3,81 67,47	3,78 (4,11) 0 – 20 108,80
Arquipélago de Açores, Portugal (Papale <i>et al.</i> , 2014)	352	6,36 (2,00) ----- 31,47	15,26 (3,90) ----- 25,56	8,89 (3,49) ----- 39,24	10,09 (4,08) ----- 40,43	8,66 (4,09) ----- 47,22	0,97 (0,49) ----- 50,18	2,12 (2,55) ----- 120,18
Baía de Biscaia, França/Espanha (Papale <i>et al.</i> , 2014)	94	7,19 (1,61) ----- 22,45	16,96 (2,42) ----- 14,28	9,78 (2,54) ----- 26,01	9,41 (3,59) ----- 38,18	11,31 (4,56) ----- 40,32	1,10 (0,43) ----- 39,09	2,90 (2,40) ----- 82,52
Ilhas Canárias, Espanha (Papale <i>et al.</i> , 2014)	94	7,20 (1,83) ----- 25,35	16,27 (5,01) ----- 30,76	9,07 (5,09) ----- 56,25	11,13 (4,42) ----- 39,72	11,91 (4,63) ----- 38,83	0,77 (0,52) ----- 66,97	1,18 (1,77) ----- 150,04
Mediterrâneo Ocidental (Gannier <i>et al.</i> , 2010)	76	6,42 (1,68) ----- -----	12,72 (3,95) ----- -----	6,29 (3,96) ----- -----	8,89 (3,16) ----- -----	8,61 (3,47) ----- -----	0,71 (0,40) ----- -----	2,1 (2,1) ----- -----
Mediterrâneo Ocidental ^a (Azzolin <i>et al.</i> , 2014)	164	6,17 (0,16) 1,85 – 22,66 32,57	15,25 (0,27) 5,02 – 22,87 22,88	9,08 (0,28) 1,09 – 19,21 39,16	8,13 (0,27) 1,85 – 22,87 42,63	10,21 (0,37) 3,22 – 21,34 46,64	1,04 (0,04) 0,09 – 2,75 53,13	3,51 (0,25) 0 – 15 89,72

Local	N	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
Mediterrâneo, Espanha/França (Papale <i>et al.</i> , 2014)	207	6,13 (2,08) ----- 33,91	14,19 (3,67) ----- 25,90	8,05 (3,43) ----- 42,57	8,32 (3,58) ----- 43,06	9,34 (4,51) ----- 48,29	1,03 (0,58) ----- 55,73	2,93 (2,42) ----- 82,69
Almeria Oriental, Espanha (Papale <i>et al.</i> , 2014)	30	8,58 (1,83) ----- 21,29	17,05 (1,81) ----- 10,63	8,48 (2,10) ----- 24,79	10,45 (3,59) ----- 34,43	16,27 (3,34) ----- 20,56	0,76 (0,33) ----- 44,06	1,93 (1,82) ----- 94,04
Mar Alborão, Oeste da barreira Almeria-Orã (Papale <i>et al.</i> , 2014)	177	5,72 (1,82) ----- 31,88	13,70 (3,69) ----- 26,94	7,98 (3,60) ----- 45,16	7,95 (3,46) ----- 43,49	8,17 (3,53) ----- 43,15	1,08 (0,60) ----- 55,16	3,10 (2,48) ----- 79,87
Golfo da Califórnia, México (Wang <i>et al.</i> , 1995)	110	6,91 (2,11) 3,17 – 1,56 30,48	13,68 (1,72) 7,34 – 17,42 12,55	----- ----- -----	12,10 (2,89) 5,78 – 17,27 23,91	9,19 (3,44) 3,44 – 17,42 37,45	0,66 (0,35) 0,19 – 159 53,10	1,15 (1,32) 0 – 8 115,16
Pacífico Tropical Oriental (Oswald <i>et al.</i> , 2003)	157	7,40 (2,20) ----- 23	17,20 (3,10) ----- 14	10,00 (3,50) ----- 28	11,20 (4,60) ----- 33	9,00 (3,70) ----- 32	1,40 (0,70) ----- 44	3,70 (3,00) ----- 65
Condado de San Diego, Califórnia (Campbell, 2004)	486	5,76 (1,89) 1,59 – 12,46 33,00	14,10 (3,22) 4,78 – 23,62 23,00	8,35 (3,34) 0,57 – 17,91 40,00	7,16 (2,77) 2,43 – 17,90 39,00	9,41 (3,90) 1,78 – 23,62 41,00	1,26 (0,59) 0,23 – 4,01 47,00	3,73 (2,97) 0 – 15 80,00

Local	N	FMin (kHz)	FMax (kHz)	VF (kHz)	FI (kHz)	FF (kHz)	DUR (s)	PI
Ilha Catalina, Califórnia (Campbell, 2004)	154	6,73 (1,80)	16,48 (2,98)	9,75 (3,05)	8,67 (3,35)	9,77 (4,28)	1,41 (0,64)	2,76 (2,21)
		2,90 – 11,15	6,09 – 23,34	1,31 – 18,38	3,00 – 18,65	3,65 – 22,68	0,17 – 3,49	0 – 11
		27,00	18,00	31,00	39,00	43,00	45,00	80,00
Pacífico Tropical Oriental (Oswald <i>et al.</i> , 2007)	306	7,92 (2,49)	17,07 (4,55)	-----	11,61 (5,11)	10,24 (4,78)	1,11 (0,69)	2,85 (2,67)
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

FMin = frequência mínima, FMax = frequência máxima, VF = variação de frequência, FI = frequência inicial, FF = frequência final, DUR = duração, PI = número de pontos de inflexão.

a = erro padrão