



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Oceanografia

Myllene da Silva Fernandes

**Nichos acústicos de cetáceos na Baía da Ilha Grande (RJ)**

Rio de Janeiro

2024

Myllene da Silva Fernandes

**Nichos acústicos de cetáceos na Baía da Ilha Grande (RJ)**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Processos oceanográficos na interface continente-oceano.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Lis Bittencort Vilas Boas

Rio de Janeiro

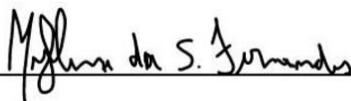
2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/CTCC

F363	<p>Fernandes, Myllene da Silva. Nichos acústicos de cetáceos na Baía da Ilha Grandes (RJ) / Myllene da Silva Fernandes. – 2024. 103 f.: il.</p> <p>Orientadora: Alexandre de Freitas Azevedo. Coorientadora: Lis Bittencort Vilas Boas. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Oceanografia.</p> <p>1. Cetáceos – Ilha Grande, Baía de (RJ) – Teses. 2. Bioacústica - Ilha Grande, Baía de (RJ) – Teses. 3. Boto – Teses. I. Azevedo, Alexandre de Freitas. II. Vilas Boas, Lis Bittencort. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Oceanografia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 599.533(815.3)</p>
------	---

Bibliotecária responsável: Ingrid Pinheiro / CRB-7: 7048

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

  
\_\_\_\_\_

Assinatura

18/04/2024

Data

Myllene da Silva Fernandes

**Nichos acústicos de cetáceos na Baía da Ilha Grande (RJ)**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Processos oceanográficos na interface continente-oceano.

Aprovada em 18 de abril de 2024.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo

Faculdade de Oceanografia - UERJ

Coorientadora: Prof. Dr. Lis Bittencourt Vilas Boas

Faculdade de Oceanografia - UERJ

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Tatiana Lemos Bisi

Faculdade de Oceanografia - UERJ

---

Dra. Isabela Maria Seabra de Lima

Secretaria de Estado da Educação – SEDU

---

Prof. Dr. José Lailson Brito Junior

Faculdade de Oceanografia - UERJ

---

Dr. Fabio Contrera Xavier

Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - IEAPM

---

Rio de Janeiro

2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedico aos meus pais, Márcia e Cláudio por sempre acreditarem nos meus sonhos e me encorajarem a conquistá-los.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre de Freitas Azevedo por me incentivar à área acadêmica desde 2018, por apoiar e construir ideias e projetos de pesquisa que me fizeram desenvolver um grande amor pela ciência e me tornar a cientista que sou hoje.

À minha coorientadora Dr. Lis Bittencourt que sempre me auxiliou nas análises, nas leituras, discussões e com seu conhecimento tão vasto em bioacústica, mas o mais importante, me ajudou a manter a calma com suas doces palavras e sábios conselhos.

Meus agradecimentos a todos os professores e equipe do Laboratório de Mamíferos Aquáticos e Bioindicadores (MAQUA), que foram essenciais para o desenvolvimento dessa pesquisa a partir da coleta de dados, ensino, conselhos, troca de ideias e muito apoio pessoal.

À equipe de saídas campo do MAQUA, Neto, Karina, Rafael e Mariana que me ensinaram muito durante o mestrado e a graduação. Obrigada pelos cafés da manhã, conversas e ensinamentos dentro e fora do barco.

Aos meus colegas de pós-graduação, que compartilharam tantos momentos comigo durante as disciplinas, saídas de campo, bandejões e “loreninhas”. Larissa, Samara, Lucas, Natássia, Marcela, Tauane e Rai, vocês foram muito importantes!

Sou muito grata por todos os amigos que acompanharam a minha jornada acadêmica do lado de fora da universidade e me auxiliaram com palavras de apoio. Obrigada às minhas amigas de escola, aos meus amigos de graduação e àqueles que eu fiz ao longo do caminho, sem vocês tudo seria mais difícil.

Agradeço à minha família por todo o amor, carinho e apoio. Mãe e pai vocês foram imprescindíveis para o meu desenvolvimento pessoal e acadêmico, obrigada por acreditarem no meu amor pelo mar. Ao meu irmão, Israel, por me incentivar em todas as minhas decisões e por compartilhar o apreço pelo oceano. Eu amo vocês.

Com muito amor, gostaria de agradecer ao meu namorado, Lucas, por acompanhar de perto toda a minha jornada no mestrado. Obrigada por sempre estar ao meu lado, pelos conselhos, pelas conversas, pelo incentivo e por nunca cansar de me ouvir falar sobre aquilo que mais amo e sobre os momentos inesquecíveis que vivi durante a minha trajetória acadêmica.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia da UERJ por todo o suporte e por ter fornecido a oportunidade de aprender tanto com cada um dos docentes.

À CAPES pela bolsa de Mestrado para que eu pudesse realizar a minha pesquisa.

Ao CNPq pelo apoio financeiro aos Projetos de Pesquisa do MAQUA/UERJ.

À FAPERJ pelo apoio financeiro aos Projetos de Pesquisa do MAQUA/UERJ. À Estação Ecológica de Tamoios (ESEC Tamoios – ICMBio) pelo apoio e parceria.

Ao “Programa de Conservação dos botos-cinza (*Sotalia guianensis*) e outros cetáceos das baías da Ilha Grande e de Sepetiba” (MAQUA/UERJ, Associação Cultural e de Pesquisa Noel Rosa, INEA, Transpetro) (TAC-4600012708), financiado pela Transpetro, no qual permitiu realizar parte das coletas deste trabalho.

Este trabalho foi parcialmente elaborado com recursos do Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta celebrado entre Ministério Público Federal do Rio de Janeiro e a Petrobras, com a interveniência do FUNBIO, no âmbito do Inquérito Civil nº 1.30.001.000486/2019-08.

Sempre chega a hora em que descobrimos que sabíamos muito mais do que antes julgávamos.

*José Saramago*

## RESUMO

FERNANDES, Myllene da Silva. *Nichos acústicos de cetáceos na Baía da Ilha Grandes (RJ)*. 2024. 103 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

A teoria dos nichos acústicos implica que espécies simpátricas que utilizam o mesmo espaço acústico tendem a evitar a competição acústica ao utilizar bandas de frequência específicas, evitando assim a sobreposição e mascaramento de seus sinais por outras espécies. Os cetáceos utilizam a emissão sonora como principal meio de comunicação subaquática, possuindo um repertório acústico composto por sons tonais, como os assobios dos delphinídeos, e sons pulsados como os cliques de ecolocalização e os sons pulsantes. O presente estudo teve como objetivo a caracterização, a comparação e a investigação da sobreposição os nichos acústicos de cinco espécies de cetáceos que habitam a Baía da Ilha Grande: *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *Pontoporia blainvillei*. As coletas foram realizadas utilizando três sistemas de gravação distintos compostos por hidrofones C54XRS e HTI-96MIN, e gravadores Fostex (taxa de amostragem de 192 kHz), SM4+ (taxa de amostragem de 500 kHz) e DSG (taxa de amostragem de 288 kHz). As gravações foram tratadas no *software Adobe audition 1.5* e analisadas no *software PAMGuide* com base em Matlab. Uma análise TOL foi aplicada a fim de extrair os níveis de potência média quadrática da pressão sonora em bandas de 1/3 de oitava em três frequências: Frequência de pico inicial, frequência de pico e frequência de pico final, dos sons tonais e pulsados. Foram realizadas estatísticas descritivas com o intuito de caracterizar o nicho acústico de cada espécie, além de gráficos exploratórios *box-plots* e histogramas. Uma análise de cluster foi aplicada a fim de determinar as semelhanças entre os sons das espécies. Para estimar a probabilidade de sobreposição da distribuição de energia dos dois tipos de sons das espécies foi utilizada uma análise de sobreposição de nicho. As espécies que apresentaram a maior largura de banda de frequência foram *S. guianensis* e *S. frontalis*, com 197 kHz, enquanto *S. bredanensis* e *P. blainvillei* foram as espécies com o menor nicho, apresentando largura de banda de 77,4 e 79,1 kHz, respectivamente. Para os sons tonais, *S. frontalis* possuiu a maior largura de banda, medindo 29,1 kHz, enquanto *S. bredanensis* teve a menor, medindo 10,6 kHz. A análise de sobreposição com 95% da região de nicho indicou que *T. truncatus* obteve a maior sobreposição com os assobios de *S. frontalis*, já com 40% da região, *S. guianensis* apresentou a maior probabilidade de sobreposição com *S. frontalis*. A análise de cluster demonstrou proximidade entre os sons tonais de *S. frontalis* e *S. guianensis*. Para os sons pulsados, *S. frontalis* teve a maior largura de banda, medindo 189,5 kHz, e *S. bredanensis* teve a menor largura, medindo 71,5 kHz. As análises de sobreposição com 95% e 40% da região de nicho indicaram que *S. guianensis* apresentou a maior sobreposição com os sons pulsados de *S. frontalis*. Os resultados da análise de cluster também demonstraram similaridade entre os sons de *S. guianensis* e *S. frontalis*. A caracterização e análise dos nichos acústicos dessas espécies foi essencial para entender o uso do espaço acústico da Baía da Ilha Grande.

Palavras-chave: Bioacústica; Odontocetos; Nicho acústico; Baía da Ilha Grande.

## ABSTRACT

FERNANDES, Myllene da Silva. *Acoustic niche of cetaceans in Ilha Grande Bay*. 2024. 103 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The acoustic niche theory implies that sympatric species that use the same acoustic space tends to avoid acoustic competition by using specific frequency bands, thus avoiding overlap and masking of their signals by other species. Cetaceans use sound emission as their main means of underwater communication, having an acoustic repertoire composed of tonal sounds, such as delphinid whistles, and pulsed sounds, such as echolocation clicks and burst pulses. The present study aimed to characterize, compare and investigate the overlapping acoustic niches of five species of cetaceans that inhabit Ilha Grande Bay: *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* and *Pontoporia blainvillei*. The collections were carried out using three different recording systems composed of C54XRS and HTI-96MIN hydrophones, and Fostex (192 kHz sampling rate), SM4+ (500 kHz sampling rate) and DSG (288 kHz sampling rate) recorders. The recordings were processed using Adobe audition 1.5 software and analyzed using PAMGuide software based on Matlab. A TOL analysis was applied in order to extract the mean squared sound pressure power levels in 1/3 octave bands at three frequencies: starting peak frequency, peak frequency and ending peak frequency, of tonal and pulsed sounds. Descriptive statistics were carried out in order to characterize the acoustic niche of each species, as well as box-plots and histograms. A cluster analysis was applied in order to determine the similarities between the species' sounds. To estimate the probability of overlap in the energy distribution of the two types of sounds of the species, a niche overlap analysis was used. The species that presented the largest frequency bandwidth were *S. guianensis* and *S. frontalis*, with 197 kHz, while *S. bredanensis* and *P. blainvillei* were the species with the narrowest niche, presenting a bandwidth of 77.4 and 79 ,1 kHz, respectively. For tonal sounds, *S. frontalis* had the largest bandwidth, measuring 29.1 kHz, while *S. bredanensis* had the narrowest, measuring 10.6 kHz. The overlap analysis with 95% of the niche region indicated that *T. truncatus* had the greatest overlap with the whistles of *S. frontalis*, whereas with 40% of the region, *S. guianensis* presented the highest probability of overlap with *S. frontalis*. Cluster analysis demonstrated proximity between the tonal sounds of *S. frontalis* and *S. guianensis*. For pulsed sounds, *S. frontalis* had the largest bandwidth, measuring 189.5 kHz, and *S. bredanensis* had the narrowest, measuring 71.5 kHz. Overlap analyzes with 95% and 40% of the niche region indicated that *S. guianensis* presented the greatest overlap with the pulsed sounds of *S. frontalis*. The results of the cluster analysis also demonstrated similarity between the sounds of *S. guianensis* and *S. frontalis*. The characterization and analysis of the acoustic niches of these species was essential to understand the use of the acoustic space of Ilha Grande Bay.

Keywords: Bioacoustics; Odontocetes; Acoustic niche; Ilha Grande Bay.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa da Baía da Ilha Grande (22°50′ - 23°20′S, 44°00′ - 44°45′W), sudeste do Brasil, local de coleta das gravações de <i>Sotalia guianensis</i> , <i>Stenella frontalis</i> , <i>Steno bredanensis</i> , <i>Tursiops truncatus</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> .....	33
Figura 2 –	Exemplo da determinação dos níveis de RMS dos sons tonais e pulsados.....	38
Figura 3 –	Nichos acústicos de cinco cetáceos presentes na Baía da Ilha Grande.....	43
Figura 4 –	Variação da distribuição de energia do nicho acústico de <i>S. guianensis</i> .....	45
Figura 5 –	LTS das gravações de <i>S. guianensis</i> demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.....	45
Figura 6 –	Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de <i>Sotalia guianensis</i> .....	46
Figura 7 –	Variação da distribuição de energia do nicho acústico de <i>S. frontalis</i> .....	48
Figura 8 –	LTS das gravações de <i>S. frontalis</i> demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.....	49
Figura 9 –	Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de <i>Stenella frontalis</i> .....	50
Figura 10 –	Variação da distribuição de energia do nicho acústico de <i>S. bredanensis</i> .....	52
Figura 11 –	LTS das gravações de <i>S. bredanensis</i> demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.....	52

Figura 12 – Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de <i>Steno bredanensis</i> ...	53
Figura 13 – Variação da distribuição de energia do nicho acústico de <i>T. truncatus</i> .....	55
Figura 14 – LTS das gravações de <i>T. truncatus</i> demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.....	55
Figura 15 – Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de <i>Tursiops truncatus</i> ...	56
Figura 16 – Variação da distribuição de energia do nicho acústico de <i>P. blainvillei</i> ..	57
Figura 17 – LTS das gravações de <i>P. blainvillei</i> demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.....	58
Figura 18 – Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de <i>Pontoporia blainvillei</i> .....	59
Figura 19 – Comparação da distribuição de energia dos sons tonais de <i>Steno bredanensis</i> (SB), <i>Stenella frontalis</i> (SF), <i>Sotalia guianensis</i> (SG) e <i>Tursiops truncatus</i> (TT), representados pelas variáveis de frequência: frequência do pico de energia inicial (FPI), frequência do pico de energia (FP) e frequência do pico de energia final (FPF).....	61
Figura 20 – Larguras de banda de frequência de distribuição de energia dos sons tonais de quatro espécies de delfínídeos: <i>Tursiops truncatus</i> (TT), <i>Steno bredanensis</i> (SB), <i>Sotalia guianensis</i> (SG) e <i>Stenella frontalis</i> (SF).....	62
Figura 21 – Comparação da distribuição de energia dos sons pulsados de <i>Steno bredanensis</i> (SB), <i>Stenella frontalis</i> (SF), <i>Sotalia guianensis</i> (SG), <i>Tursiops truncatus</i> (TT) e <i>Pontoporia blainvillei</i> (PB), representados pelas variáveis de frequência: frequência do pico de energia inicial (FPI), frequência do pico de energia (FP) e frequência do pico de energia final (FPF).....	66
Figura 22 – Larguras de banda de frequência de distribuição de energia dos sons pulsados de quatro espécies de odontocetos: <i>Tursiops truncatus</i> (TT), <i>Sotalia guianensis</i> (SG), <i>Stenella frontalis</i> (SF) e <i>Pontoporia blainvillei</i> (PB).....	67

Figura 23 – Análise de cluster baseada nas médias dos valores de frequência dos sons tonais de: <i>Stenella frontalis</i> , <i>Sotalia guianensis</i> , <i>Tursiops truncatus</i> e <i>Steno bredanensis</i> .....	69
Figura 24 – Análise de cluster baseada nas médias dos valores de frequência dos sons pulsados de: <i>Stenella frontalis</i> , <i>Sotalia guianensis</i> , <i>Tursiops truncatus</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> .....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Informações referentes ao esforço de coleta e análise das gravações de <i>S. guianensis</i> , <i>S. frontalis</i> , <i>S. bredanensis</i> , <i>T. truncatus</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> : Total de dias que ocorrem coleta de gravação; tempo total das gravações coletadas; total de dias de gravações que foram analisadas; tempo total das gravações analisadas.....	34
Tabela 2 –	Estatística descritiva da distribuição de energia nas frequências de sons tonais em 4 espécies de delfínídeos.....	41
Tabela 3 –	Estatística descritiva da distribuição de energia nas frequências de sons pulsados em 5 espécies de cetáceos.....	42
Tabela 4 –	Média posterior ( $\alpha = 0,95$ ) e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposição de distribuição de energia dos sons tonais (%) entre cada par de espécies de cetáceos da Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil..	63
Tabela 5 –	Média posterior ( $\alpha = 0,40$ ) e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposição de distribuição de energia dos sons tonais (%) entre cada par de espécies de cetáceos da Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil..	63
Tabela 6 –	Média posterior ( $\alpha = 0,95$ ) e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposição de distribuição de energia na largura de banda dos sons pulsados (%) entre cada par de espécies de cetáceos da Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil.....	68
Tabela 7 –	Média posterior ( $\alpha = 0,40$ ) e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposição de distribuição de energia na largura de banda dos sons pulsados (%) entre cada par de espécies de cetáceos da Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil.....	68
Tabela 8 –	Valores médios do delta de frequência e valores mínimos e máximos dos parâmetros de frequência dos assobios de <i>S. guianensis</i> , <i>S. frontalis</i> , <i>S. bredanensis</i> e <i>T. truncatus</i> de estudos anteriores no sudeste do Brasil em comparação com a largura da banda de frequência da distribuição de energia total e valores mínimos e máximos de cada espécie neste estudo...	78

Tabela 9 –	Informações das gravações de <i>Stenella frontalis</i> .....	99
Tabela 10 –	Informações das gravações de <i>Sotalia guianensis</i> .....	100
Tabela 11 –	Informações das gravações de <i>Steno bredanensis</i> .....	102
Tabela 12 –	Informações das gravações de <i>Tursiops truncatus</i> .....	102
Tabela 13 –	Informações das gravações de <i>Pontoporia blainvillei</i> .....	103

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACAS	Água Central do Atlântico Sul
CEADS	Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável
FP	Frequência do Pico de Energia
FPF	Frequência do Pico de Energia Final
FPI	Frequência do Pico de Energia Inicial
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
LTS	<i>Long Term Spectral</i>
NBHF	<i>Narrow band high frequency</i>
PB	<i>Pontoporia blainvillei</i>
RMS	<i>Root mean square</i>
SB	<i>Steno bredanensis</i>
SF	<i>Stenella frontalis</i>
SG	<i>Sotalia guianensis</i>
TT	<i>Tursiops truncatus</i>
TOL	<i>Third Octave Level</i>
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro

## LISTA DE SÍMBOLOS

m	Metros
kHz	Quilohertz
ms	Milissegundos
km	Quilômetros
ha	Hectare
km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
%	Porcentagem
h	Horas
min	Minutos
±	Mais ou menos

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
1	<b>OBJETIVOS</b> .....	30
1.1	<b>Objetivo geral</b> .....	30
1.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	30
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
2.1	<b>Área de estudo</b> .....	31
2.2	<b>Coleta de dados</b> .....	33
2.3	<b>Análise dos dados</b> .....	35
2.4	<b>Análises estatísticas</b> .....	38
3	<b>RESULTADOS</b> .....	40
3.1	<b>Caracterização do nicho acústico das cinco espécies de cetáceos</b> .....	44
3.1.1	<u>Nicho acústico de <i>Sotalia guianensis</i></u> .....	44
3.1.2	<u>Nicho acústico do <i>Stenella frontalis</i></u> .....	47
3.1.3	<u>Nicho acústico de <i>Steno bredanensis</i></u> .....	51
3.1.4	<u>Nicho acústico de <i>Tursiops truncatus</i></u> .....	54
3.1.5	<u>Nicho acústico de <i>Pontoporia blainvillei</i></u> .....	57
3.2	<b>Comparação do nicho acústico das espécies</b> .....	59
3.2.1	<u>Sons tonais dos delfínídeos</u> .....	59
3.2.2	<u>Sons pulsados dos odontocetos</u> .....	64
4	<b>DISCUSSÃO</b> .....	70
4.1	<b>O nicho acústico de 5 espécies de cetáceos</b> .....	70
4.2	<b>O uso do ambiente acústico</b> .....	75
4.3	<b>Comparação dos nichos acústicos</b> .....	78
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	83
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	84
	<b>APÊNDICE</b> - Informações de gravações das cinco espécies.....	99

## INTRODUÇÃO

Os oceanos possuem diversos tipos de sons, os quais formam as paisagens sonoras subaquáticas. Estas podem ser definidas como a combinação da biofonia, geofonia e antropofonia, presentes no ambiente aquático, as quais podem variar tanto espacialmente quanto temporalmente (HILDEBRAND, 2009; PIJANOWSKI et al., 2011). A biofonia pode ser entendida como todos os sons produzidos pelos organismos vivos de uma determinada localidade em um determinado período do ano, mamíferos marinhos, peixes, quelônios e alguns crustáceos, como camarões, produzem diversos tipos de som que compõem as paisagens acústicas (DUARTE., 2021; CHARRIER et al., 2022). A geofonia é o conjunto de sons produzidos de forma natural pelo ambiente geofísico, como os sons do vento, das ondas e de mudanças no clima, como chuvas, trovões e quebra de gelo em regiões polares (DUARTE et al., 2021). Por fim, a antropofonia é gerada a partir dos sons produzidos pelos seres humanos, como ruídos de embarcações, exploração de petróleo e gás a partir do uso de armas de ar comprimido e perfuração de petróleo, pesca industrial, utilização de sonares, entre outros (DUARTE et al., 2021). Esses diferentes tipos de som compõem a assinatura das paisagens acústicas do local em que se inserem, refletindo na diversidade de espécies, processos geofísicos e na poluição sonora presente naquele ambiente (PIJANOWSKI et al., 2011).

A emissão sonora é a principal via de comunicação utilizada pelos vertebrados marinhos em ambientes subaquáticos. Isso se dá porque, devido à alta densidade da água, o som se propaga de forma muito mais eficaz no meio aquático do que no aéreo, por exemplo, possibilitando que o sinal emitido alcance longas distâncias (URICK, 1975; RICHARDSON et al., 1995). Além disso, outras formas de comunicação, como a visual, a química e a física, não são capazes de disseminar a informação que carregam de forma tão eficiente quanto a comunicação acústica, alcançando assim uma gama menor de indivíduos (RICHARDSON et al., 1995; LAMMERS; OSWALD, 2015). Vocalizações de peixes, como o bacalhau-do-Atlântico (*Gadus morhua*), podem chegar até 100 metros de distância, enquanto os sons emitidos pela baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) podem percorrer até 200 quilômetros (VAN PARIJS et al., 2021), demonstrando a importância desse tipo de sinal para a transmissão de informação entre indivíduos em habitats afastados (CONNOR et al., 1998).

O estudo do conjunto de sons presentes nas paisagens acústicas auxilia na compreensão dos processos ecológicos de populações e comunidades nos ambientes

aquáticos. Para esse objetivo, desenvolveu-se a ecoacústica, um campo de pesquisa recente que investiga informações ecológicas a partir dos sons do ambiente (SUEUR; FARINA, 2015). A ecoacústica propiciou a difusão de análises em extensas escalas temporais e espaciais, que viabilizam estudos como: a distribuição das populações no espaço e no tempo, a descrição da composição acústica das comunidades, a investigação da partição do espaço acústico, as interações acústicas entre espécies, o efeito da poluição sonora nas paisagens, e assim por diante (SUEUR; FARINA, 2015). Estudos que utilizam esses métodos acústicos vêm crescendo ao longo dos anos (TONOLLA et al., 2010; SIMPSON et al., 2010; MARLEY et al., 2016; BUTLER et al., 2016; YUN et al., 2021), produzindo conhecimento acerca das paisagens acústicas de diversas regiões e investigando a interação entre a variedade de sons geofísicos, antrópicos e biológicos.

Um dos conceitos que a ecoacústica engloba é a teoria dos nichos acústicos, na qual diferentes animais que utilizam o mesmo hábitat ocupam bandas de frequência específicas, com o intuito de evitar a sobreposição e mascaramento de seus sinais por outras espécies (KRAUSE, 1993). A partição de recursos é uma estratégia utilizada por espécies coexistentes para minimizar a competição, seja através da utilização de recursos diferentes ou até mesmo da especialização em tipos de recursos específicos dentro de um habitat partilhado (HASTINGS; SIROVIC, 2015; SCHOENER, 1974). O espaço acústico pode ser considerado um recurso que pode levar à competição acústica entre espécies simpátricas (KRAUSE., 1993; SUEUR; FARINA, 2015). Portanto, a hipótese do nicho acústico sugere que espécies simpátricas que vocalizam tendem a evitar a sobreposição acústica usando estratégias para reduzir a competição e otimizar a comunicação intraespecífica (KRAUSE, 1993).

Embora alguns estudos tenham desacreditado dessa teoria por não encontrarem evidências de partição acústica (AMÉZQUITA et al., 2011; TOBIAS et al., 2014; OCHOA-OCHOA et al., 2021), diversas pesquisas analisaram a partição de frequência, de tempo e/ou de espaço de um mesmo ambiente acústico, sugerindo a ocorrência de nichos acústicos para as espécies ali presentes (SUEUR, 2002; SCHMIDT et al., 2012; VILLANUEVA-RIVERA et al., 2014; RÖMER, 2020; BERTUCCI et al., 2020). Em sua maioria, artigos sobre nichos acústicos se concentram em animais terrestres, principalmente em aves, insetos e anuros (GARCIA-RUTLEDGE, NARINS, 2001; HENRY; WELLS, 2010; KLEYN et al., 2021). Apesar disso, nos últimos anos esse conceito tem se difundido para o ambiente aquático, resultando em pesquisas focadas na partição acústica das vocalizações de peixes e mamíferos marinhos, majoritariamente (MOSSBRIDGE; THOMAS, 1999; RUPPÉ et al., 2015; VAN OPZEELAND; BOEBEL, 2018; WILSON et al., 2020).

Estudos a respeito dos nichos acústicos são importantes pois promovem um maior conhecimento de como as espécies compartilham recursos acústicos, fornecendo informações sobre a evolução e divergência das emissões sonoras entre espécies (WILSON et al., 2020), além de demonstrar como as espécies adaptam seus sinais de acordo com o espaço acústico disponível. Estratégias de adaptação vocal para evitar o mascaramento acústico já foram observadas em diversas espécies, como o aumento na taxa de emissão sonora, a interrupção da emissão, o aumento na frequência dos sinais, entre outros (PARKS et al., 2011; HOLT et al., 2015), demonstrando a plasticidade dos sinais acústicos.

Os mamíferos marinhos utilizam a emissão acústica como principal forma de comunicação, navegação, acasalamento, forrageamento e outros aspectos relacionados à sua ecologia (RICHARDSON et al., 1995; AU; HASTINGS, 2008). O repertório acústico dos cetáceos apresenta uma variedade de sinais que pode ser separada em dois principais grupos: os sons pulsados e os sons tonais (RICHARDSON et al., 1995). Os sons tonais são sinais que modulam a sua frequência de acordo com o tempo, ocupam uma banda estreita, majoritariamente de baixa e média frequência e por isso se propagam por longas distâncias através do meio aquático. Enquanto os sons pulsados são sinais de alta frequência que ocupam uma banda larga de frequência e tendem a perder mais energia acústica à medida que se espalham, alcançando distâncias menores (RICHARDSON et al., 1995).

Para o grupo dos odontocetos temos uma distinção ainda mais específica, onde os sons pulsados são separados em cliques de ecolocalização e sons pulsantes. Os cliques têm como função principal a navegação, localização, forrageamento, detecção de obstáculos e presas (AU, 1993; RICHARDSON et al., 1995). Os sons pulsantes desempenham um importante papel em contextos sociais, principalmente durante encontros agonísticos, acasalamento e forrageamento (CALDWELL; CALDWELL, 1967; DAWSON, 1991; NORRIS et al., 1994; LAMMERS et al., 2003; MARTIN et al., 2018; SØRENSEN et al., 2018; MARTIN et al., 2019). A família Delphinidae diferencia ainda mais os seus sinais ao utilizar os assobios, sons tonais que detém como principal função a comunicação entre os indivíduos, já tendo sido reportados em diversos cenários, como: comunicação, coesão de grupo e de atividades, identificação de grupo ou indivíduo, acasalamento, entre outros. (RICHARDSON et al., 1995; JANIK; SLATER, 1998).

A Baía da Ilha Grande possui baixa poluição sonora artificial se comparada às demais baías do Rio de Janeiro, como a de Sepetiba e Guanabara, trazendo uma paisagem acústica dominada pelos sons naturais (BITTENCOURT et al., 2020a). Dessa forma, esse ambiente majoritariamente preservado é uma boa oportunidade para investigar os sinais de cetáceos em

condições de baixo impacto antrópico acústico. Outro motivo importante para a escolha desta localidade é a presença de diversas espécies de cetáceos na região, havendo registro de *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus*, *Pontoporia blainvillei*, *Delphinus delphis*, *Balaenoptera brydei*, *Orcinus orca*, *Megaptera novaeangliae* e *Balaenoptera physalus* (LAILSON-BRITO et al., 2020). Algumas destas espécies apresentam grau de residência na região, como *S. guianensis* e *P. blainvillei*, além de fidelidade de sítio, como é o caso de *S. frontalis* (RIBEIRO-CAMPOS et al., 2021; PEREIRA et al., 2022; NEVES et al., 2023). Além dessas, *S. bredanensis* e *T. truncatus* também são espécies avistadas com frequência na Baía da Ilha Grande (LODI et al., 2008; CARVALHO et al., 2012; BISI et al., 2013). Porém, os diferentes sinais produzidos por essas espécies ainda não foram analisados seguindo o conceito de nicho acústico e uma possível sobreposição entre eles não foi explorada.

Estudos anteriores afirmam que a energia das vocalizações contínuas de populações de mamíferos marinhos se acumula em certas bandas de frequências, que representam o espaço espectral onde a potência acústica das emissões daquela espécie é mais intensa (CURTIS et al., 1999; LEROY et al., 2018; SEGER et al., 2016; MENZE et al., 2019; DUARTE et al., 2021). Tendo isso em mente, a energia acústica pode ser um índice importante para a determinação da partição acústica entre cetáceos que utilizam o mesmo espaço acústico. Com isso, a hipótese central deste trabalho se baseia na possível ocorrência de nichos acústicos de cinco diferentes espécies de odontocetos presentes na Baía da Ilha Grande: *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *Pontoporia blainvillei*; que foram caracterizados a partir da determinação da distribuição da energia sonora nas bandas de frequências utilizadas por cada espécie. Isso será útil para entender como as espécies utilizam o ambiente acústico disponível e nos trará um maior conhecimento das populações encontradas na Baía da Ilha Grande.

## ESPÉCIES ESTUDADAS

### Características gerais dos delfínídeos:

A Família Delphinidae é a mais numerosa dentre os odontocetos, com 17 gêneros e 38 espécies (SOCIETY FOR MARINE MAMMALOGY, 2022), sua distribuição percorre todo o globo, contendo espécies cosmopolitas, como a orca, e mais restritas, como o boto-cinza (JEFFERSON et al., 2015). Apesar das diferenças, eles se assemelham por apresentarem uma organização social complexa e formarem os maiores grupos dentre as diversas espécies de mamíferos marinhos (JEFFERSON et al., 2015).

Os sons produzidos pelos delfínídeos podem ser separados em duas categorias básicas: os sons tonais e os sons pulsados. Os sons tonais compreendem os assobios, são sons modulados de banda estreita de frequência que são utilizados para comunicação social (CALDWELL et al., 1990; RICHARDSON et al., 1995; JANIK, 2009). Os sons pulsados compreendem sons de banda larga de frequência, sendo eles os cliques de ecolocalização, utilizados para forrageamento e para se localizar no ambiente, e os sons pulsantes, também voltados à interação social desses indivíduos (CALDWELL et al., 1990; RICHARDSON et al., 1995; JANIK, 2009).

O repertório acústico dos delfínídeos pode variar de forma inter e intraespecífica (RENDELL et al., 1999), demonstrando que além da morfologia, anatomia e fisiologia dos indivíduos, os aspectos ambientais (BAZUÁ-DURÁN; AU, 2004; HAWKINS; GARTSIDE, 2010; LIMA et al., 2020) e antrópicos (ANDRADE et al., 2014a; BITTENCOURT et al., 2017; DUARTE et al., 2021; LUÍS et al., 2021) também influenciam sua vocalização.

### *Sotalia guianensis* (boto-cinza)

A espécie *Sotalia guianensis*, mais comumente chamada de boto-cinza, é um pequeno delfínídeo que pertence à ordem Artiodactyla, infraordem Cetacea e família Delphinidae. Ocupam a costa atlântica da América Central e do Sul, sua distribuição se dá desde o sul do Brasil até Honduras, possuem hábito costeiro, sendo encontradas principalmente em águas rasas, estuários e baías (JEFFERSON et al., 2015). Segundo a lista vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), o boto-cinza se encontra no status de Quase Ameaçado desde 2017. Enquanto em

2019, o livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção do ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) classificou a espécie como Vulnerável.

É notório que o boto-cinza é uma espécie sociável que geralmente é encontrada em grupos de 2 a 6 indivíduos (FLORES, 2002), porém, estudos já demonstraram que na Baía da Ilha Grande os grupos podem chegar a mais de 500 indivíduos (RIBEIRO-CAMPOS et al., 2021), apesar de grupos com até 50 indivíduos serem os mais comuns (LAILSON-BRITO et al., 2020). Na Baía da Ilha Grande a espécie apresenta preferência por profundidades de 4 m a 15 m, apesar de já terem sido avistadas a até 30 m de profundidade (LAILSON-BRITO et al., 2020). Em relação ao seu comportamento no local, os botos-cinza realizam majoritariamente o comportamento de alimentação, seguido pelo deslocamento e em poucos casos foram vistos socializando (LAILSON-BRITO et al., 2020).

Estudos de bioacústica com *Sotalia guianensis* vem crescendo cada vez mais ao longo dos anos, exibindo uma extensa literatura acerca dos assobios dessa espécie (e.g., AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005; ROSSI-SANTOS; PODOS, 2006; MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009; ANDRADE et al., 2014b; BARBOSA et al., 2019). Os assobios, em sua maioria, apresentam poucos ou nenhum ponto de inflexão, sendo a categoria de contorno ascendente a mais frequente (AZEVEDO; VAN SLUYS, 2005, ANDRADE et al., 2014a). Na Baía da Ilha Grande os assobios de botos-cinza ocupam uma ampla faixa de frequência, possuindo um delta de frequência máximo de 58 kHz (LAILSON-BRITO et al., 2020). Além disso, uma particularidade dos assobios dessa localidade são as altas frequências mínimas e máximas de até 41 kHz e 86,6 kHz, respectivamente, sendo esses sons caracterizados como assobios de frequência muito alta (BARBOSA et al., 2019.). A duração média desse som tonal é de 440 ms no local de estudo (LAILSON-BRITO et al., 2020).

Além dos assobios, *S. guianensis* também possui um repertório extenso de cliques de ecolocalização e sons pulsantes. Os sons pulsantes podem ser definidos como um sinal pulsado com um intervalo médio entre cliques menor que 10 ms (LAMMERS et al., 2003). Estes sons eram comumente categorizados de acordo com uma análise auditiva subjetiva (CALDWELL; CALDWELL, 1967; WATKINS et al., 1977; NORRIS et al., 1994; HERZING, 1996; VAN PARIJS; CORKERON, 2001; HERZING, 2015), porém com os avanços das análises foi percebido que análises quantitativas eram necessárias para uma melhor categorização do som (LUÍS et al., 2016; BARBOSA et al., 2021; ANDRADE et al., 2017). Barbosa et al. (2021) realizou um estudo nas baías da Ilha Grande, Sepetiba e Guanabara, que visou caracterizar os sons pulsantes de *S. guianensis*, registrando os valores médios de frequência mínima sendo 8,6 kHz, intervalo médio entre pulsos de 1,70 ms, 63,6

pulsos por som e duração média de 98,9 ms. Estudos relacionados aos cliques de ecolocalização da espécie ainda não foram realizados na Baía da Ilha Grande, porém, já foi documentado que indivíduos em cativeiro alcançam frequências maiores que 136 kHz, possuindo picos de frequência com espectros bimodais de 30 e 95 kHz (WIERSMA, 1982; KAMMINGA et al., 1993).

A capacidade auditiva de *S. guianensis* já foi estudada a partir de audiogramas (MOONEY et al., 2012), fornecido a partir de testes auditivos de animais em cativeiro. Estes testes, realizados por Sauerland e Dehnhardt (1998), mostram que o alcance da audição de *S. guianensis* vai de 4 kHz à 135 kHz, sendo sua maior sensibilidade auditiva alocada entre as frequências 16 kHz e 105 kHz.

### ***Stenella frontalis*** (golfinho-pintado-do-Atlântico)

A espécie *Stenella frontalis*, mais comumente chamada de golfinho-pintado-do-Atlântico, pertence à ordem Artiodactyla, infraordem Cetacea e família Delphinidae. *Stenella frontalis* é endêmica do Oceano Atlântico tropical e temperado quente (PERRIN, 2002) e está distribuída desde o sul do Brasil até a Nova Inglaterra, a oeste, e a costa da África, ao leste (JEFFERSON et al., 2015). Habitualmente ocorrem sobre a plataforma continental e podem se deslocar até 1000 metros de profundidade (MORENO et al., 2005). Segundo a lista vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), o golfinho-pintado-do-Atlântico encontra-se no status de Menor Preocupação desde 2018.

*S. frontalis* frequentemente podem ser avistados em grupos de menos de 50 indivíduos, sendo os grupos de águas costeiras formados por 5 a 15 indivíduos (JEFFERSON et al., 2015), porém de acordo com alguns estudos realizados ao longo da costa brasileira, *S. frontalis* pode chegar a formar grupos de até 200 indivíduos (MORENO et al., 2005). Na Baía da Ilha Grande os grupos de golfinhos-pintados-do-Atlântico podem variar de 9 a 225 indivíduos, sendo os grupos maiores do que 50 indivíduos os mais frequentes (PEREIRA et al., 2022), ocupando majoritariamente profundidades entre 18 m e 35 m (LAILSON-BRITO et al., 2020). Em relação ao comportamento da espécie no local de estudo, foi observado que o deslocamento da espécie na baía foi o mais recorrente, seguido de alimentação, descanso e socialização, respectivamente (PEREIRA et al., 2022)

Estudos de bioacústica de *S. frontalis* no Brasil ainda são relativamente escassos, tendo uma maior concentração de trabalhos na região do Atlântico Norte (AU; HERZING, 2003; BARON et al., 2008; SIMARD et al., 2015; KAPLAN et al., 2017). Os assobios dessa

espécie já foram estudados na Baía da Ilha Grande, demonstrando que sua categoria de contorno mais frequente foi ascendente (AZEVEDO et al., 2010), utilizada principalmente no comportamento de deslocamento, já os assobios múltiplos foram utilizados majoritariamente durante alimentação e os ascendentes-descendentes durante socialização (BITTENCOURT et al., 2020b). Apesar do alto número de pontos de inflexão em alguns assobios, a maioria possui de 0 a 2 pontos. Além disso, a faixa de frequência dos assobios da espécie se encontra entre 1,3 kHz e 29 kHz, enquanto sua duração média é de 610 ms (BITTENCOURT et al., 2020b; AZEVEDO et al., 2010; LIMA et al., 2016; LAILSON-BRITO et al., 2020).

Apesar dos poucos estudos, *S. frontalis* possui registros de assobios assinatura tanto em cativeiro (CALDWELL et al., 1970) quanto na natureza (HERZING, 1996), incluindo bifonia desses assobios com outros sons tonais ou até mesmo com sons pulsantes (KAPLAN et al., 2018). Isso demonstra a complexidade da comunicação dessa espécie nos diferentes locais em que habita.

Os sons pulsados de *S. frontalis* ainda precisam ser mais bem explorados, poucos são os estudos de bioacústica que visam a análise dos diferentes parâmetros desse som. Apesar disso, Lailson-Brito et al. (2020) nos apresenta uma análise dos sons pulsantes de golfinhos-pintados-do-Atlântico da Baía da Ilha Grande, que tiveram valores médios de pico de frequência de 28 kHz, 61 pulsos por som e duração média de 289 ms. Outro estudo, conduzido nas Bahamas, demonstra análises realizadas para caracterização dos cliques de ecolocalização. Au e Herzing (2003) demonstraram que os cliques possuíam espectros de frequência bimodais com pico de baixa frequência entre 40 e 50 kHz e pico de alta frequência entre 110 e 130 kHz.

Estudos sobre a capacidade auditiva de *S. frontalis* ainda não foram realizados, porém já há informações acerca de *S. coeruleoalba*, espécie que também pertence ao gênero *Stenella*, portanto é filogeneticamente próxima (MOONEY, 2012). Kastelein et al. (2003) conduziu testes de audição que obtiveram como resultado uma capacidade auditiva entre as frequências 0,5 e 160 kHz, sendo sua maior sensibilidade auditiva entre 32 e 120 kHz

### ***Steno bredanensis*** (golfinho-de-dentes-rugosos)

A espécie *Steno bredanensis*, mais comumente chamada de golfinho-de-dentes-rugosos, pertence à ordem Artiodactyla, infraordem Cetacea e família Delphinidae. Sua distribuição se dá ao longo dos três oceanos das regiões tropicais e subtropicais, entre 40°N e 35°S (JEFFERSON et al., 2015). Frequentemente habita águas oceânicas profundas, com algumas exceções onde pode ser encontrado em águas costeiras, como no Brasil e na África

Ocidental (SANTOS et al., 2019). Segundo a lista vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), o golfinho-de-dentes-rugosos encontra-se no status de Menor Preocupação desde 2018.

*S. bredanensis* geralmente são avistados em grupos de 10 a 20 indivíduos (RITTER, 2002; PITMAN; STINCHCOMB, 2002; JEFFERSON et al., 2015), porém já foi relatada a existência de grupos de mais de 50 indivíduos (JEFFERSON et al., 2015; LODI; HETZEL, 1998; CARVALHO et al., 2019) e até mesmo de 100 indivíduos (Baird et al. 2008). Na Baía da Ilha Grande já foram avistados grupos contendo entre 4 e 16 indivíduos, ocupando majoritariamente profundidades entre 17 m e 38 m (LAILSON-BRITO et al., 2020). Além disso, no local do estudo, o golfinho-de-dentes-rugosos foi visto realizando atividades de deslocamento, alimentação e socialização de modo proporcional (LAILSON-BRITO et al., 2020).

São poucos os estudos relacionados às emissões sonoras de *S. bredanensis* no Brasil, sendo seus trabalhos distribuídos no Oceano Pacífico central (NORRIS; EVANS, 1967), nordeste do Oceano Atlântico (BUSNEL; DZIEDZIC, 1966), Mar Mediterrâneo (WATKINS, 1987; CARUSO et al., 2019), Oceano Pacífico central e leste (OSWALD et al., 2003; OSWALD et al., 2007; RANKIN et al., 2015) e Oceano Atlântico (LIMA et al., 2012; LIMA et al., 2016; LIMA et al., 2020). *S. bredanensis* possui seu repertório acústico de assobios majoritariamente na categoria constante (LIMA et al., 2016), o que ajuda na diferenciação de outras espécies como *S. guianensis* e *S. frontalis*. Na costa do Rio de Janeiro, a média da duração, da frequência mínima e máxima de seus assobios foi de 340 ms, 5,7 kHz e 8,1 kHz, respectivamente (LIMA et al., 2016), demonstrando uma baixa modulação de frequência, que reflete na categoria de assobio mais utilizada por essa espécie.

Os sons pulsantes da espécie já foram analisados na Baía da Ilha Grande, demonstrando uma média de pico de frequência de 27,9 kHz, uma média de 317 pulsos por som e duração média de 317 ms (LAILSON-BRITO et al., 2020). Em contrapartida, os estudos dos cliques de ecolocalização dessa espécie ainda não foram realizados no Brasil, apenas no Oceano Pacífico. Existem poucas descrições da largura de banda dos cliques de ecolocalização (RANKIN et al., 2015, NORRIS; EVANS, 1967), e apenas Rankin et al. (2015) analisou os intervalos entre cliques de *S. bredanensis*. Como resultados, a média do pico de frequência e da frequência central foi de 23,4 kHz e 22,7 kHz, respectivamente, além disso, a média da duração do intervalo entre cliques foi de 17,8 ms.

A partir de estudos fisiológicos a capacidade auditiva do golfinho-de-dentes-rugosos foi mensurada (MOONEY, 2012). Um estudo com 14 indivíduos da espécie foi realizado por

Mann et al. (2010) no qual obtiveram como resultado uma capacidade auditiva entre as frequências 10 e 120 kHz, sendo sua maior sensibilidade auditiva ainda incerta, por esse motivo, é necessário realizar mais estudos acerca da audição dessa espécie.

### ***Tursiops truncatus*** (golfinho-nariz-de-garrafa)

A espécie *Tursiops truncatus*, também conhecida como golfinho-nariz-de-garrafa, pertence à ordem Artiodactyla, infraordem Cetacea e família Delphinidae. São animais que possuem uma ampla distribuição, podendo ser encontrados em águas temperadas e tropicais de todo o mundo, preferencialmente em águas costeiras e da plataforma continental (JEFFERSON et al., 2015). Por conta de sua distribuição principalmente costeira e seu comportamento sociável, a espécie é um dos mamíferos marinhos mais bem estudados em todo o globo (SHANE et al., 1986), tendo inúmeros estudos acerca de sua distribuição, comportamento, ecologia trófica e também bioacústica. Segundo a lista vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), o golfinho-nariz-de-garrafa se encontra na categoria de menor preocupação desde 2018.

Os padrões de organização social da espécie aparentam certa complexidade, seus grupos são relativamente pequenos, mas em casos extremos podem ultrapassar a marca de 100 animais e chegar a grupos de em média 140 indivíduos (SHANE et al., 1986; SAAYMAN; TAYLER, 1973). Na costa do Rio de Janeiro já foram avistados grupos de golfinhos-nariz-de-garrafa de mais de 30 indivíduos (LODI et al., 2005), porém, na Baía da Ilha Grande é comum encontrar grupos menores, de até 12 indivíduos (LAILSON-BRITO et al., 2020). Seu comportamento ativo e sociável é notável em diversas populações, são conhecidos por nadarem nas ondas produzidas por barcos e baleias, além de realizarem saltos e acrobacias. Na Baía da Ilha Grande, a espécie apresentou a socialização e a alimentação como as duas principais atividades realizadas pelos grupos avistados, sendo essa última a mais comum (LAILSON-BRITO et al., 2020).

Uma característica de algumas populações dessa espécie é a sua capacidade de locomoção por longas distâncias, podendo percorrer centenas de quilômetros, seja a partir de uma migração sazonal, como nos casos de golfinhos costeiros em latitudes mais altas, ou por movimentos sazonais situados ligados à alimentação, apresentados por golfinhos de águas mais quentes (SHANE et al., 1986). No estado do Rio de Janeiro é possível observar esse movimento sazonal devido aos hábitos alimentares em certas populações costeiras de golfinhos-nariz-de-garrafa, tendo sido registrados movimentos de 100 km de distância percorridos do arquipélago das Cagarras até a Baía da Ilha Grande (LODI et al., 2008).

O golfinho-nariz-de-garrafa possui uma diversidade de estudos acerca de seu comportamento acústico em diversas regiões do mundo, seja em indivíduos mantidos em cativeiro ou livres na natureza (CALDWELL et al., 1990; MCCOWAN, 1995; WATWOOD et al., 2005; KRIESELL et al., 2014). Seus assobios possuem características específicas e foram alvo de inúmeros estudos ao longo dos anos, com os chamados assobios assinatura, que são sons estereotipados com padrões de modulação de frequência específicos para identificação de determinado indivíduo (JANIK; SAYIGH, 2013). Além disso, a espécie também é conhecida pela sua aprendizagem vocal, sendo capazes de compartilhar assobios assinatura entre si (WATWOOD et al., 2004; KING; JANIK, 2013), demonstrando assim a complexidade na comunicação acústica dessa espécie.

Apesar do extenso estudo da acústica dessa espécie, pouco se sabe sobre sua comunicação no Brasil. Lima et al. (2020) registrou assobios do golfinho-nariz-de-garrafa na costa do Rio de Janeiro os quais variaram de uma mínima frequência de 3,7 kHz até uma máxima frequência de 33,1 kHz, porém, sua média de delta de frequência foi cerca de 6,4 kHz e sua duração média foi de 600 ms. Neste mesmo estudo foi possível observar uma diferença nos parâmetros acústicos dos assobios de diferentes populações de golfinhos, sendo as maiores diferenças encontradas em regiões separadas por maiores distâncias, refletindo diferenças intra ou, até mesmo, interespecíficas (LIMA et al., 2020).

Os sons pulsados dessa espécie foram pouco explorados se comparados aos assobios, possuindo estudos majoritariamente nas águas da porção norte do globo (BRANSTETTER et al., 2012; BUSCAINO et al., 2014; LUÍS et al., 2016; NARDO et al., 2023; ) e apenas alguns incluem as populações do Brasil (AMORIM et al., 2019; ROMEU et al., 2020; AMORIM et al., 2022), os quais se dedicam ao estudo dos cliques de ecolocalização em especial. Amorin et al. (2022) demonstra que os cliques de golfinhos-nariz-de-garrafa gravados na costa do Espírito Santo, Brasil, possuem uma média de pico de frequência de 68,8 kHz, que difere dos trens de cliques de golfinhos do Mar mediterrâneo que possuem uma média de 44,5 kHz, demonstrando uma variação de acordo com a distribuição da espécie. Enquanto isso, sons pulsantes de indivíduos em cativeiro já foram reportados apresentando dois picos de frequência, um majoritariamente acima de 100 kHz e outro entre 20 e 85 kHz (BLOMQUIST; AMUNDIN, 2004).

Em relação à sua capacidade auditiva, estudos conduzidos por Johnson (1967) tiveram a finalidade de determinar os limiares auditivos do golfinho-nariz-de-garrafa. Ele utilizou tons puros para determinação do audiograma da espécie, que apresentou aproximadamente 0,75 kHz como limite de frequência inferior de audição e um limite de

frequência superior de 150 kHz, sendo a faixa de frequência entre 7 e 130 kHz a de maior sensibilidade. Paralelamente, Au et al. (2002) realizou experimentos com *T. truncatus* utilizando sinais de banda larga a título de comparação. A partir de testes com um indivíduo em cativeiro, Au et al. (2002) demonstrou que golfinhos podem detectar sinais de banda larga ligeiramente melhor do que um sinal de tom puro.

## **Família Pontoporiidae**

### ***Pontoporia blainvillei* (toninha)**

A espécie *Pontoporia blainvillei*, mais comumente chamada de toninha ou franciscana, pertence à ordem Artiodactyla, infraordem Cetacea e família Pontoporiidae. É um pequeno cetáceo, com comprimento máximo de 1,62 m e peso máximo de 53 kg (JEFFERSON et al., 2015). Por ser tão pequeno e frágil, a captura acidental apresenta uma grande ameaça à sobrevivência da espécie (BORDINO et al., 2002) tendo diversos registros desses incidentes (BROWNELL, 1975; PRADERI, 1984; PINEDO et al., 1989; CORCUERA, 1994; CRESPO et al., 1994; SECCHI et al., 1998). Segundo a lista vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), a toninha encontra-se no status Vulnerável desde 2017. No ano de 2018, o livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção do ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) classificou a espécie como Criticamente em Perigo.

As toninhas possuem um hábito majoritariamente costeiro, sendo encontradas ao longo da costa leste Sul-Americana, do Golfo San Matias, centro da Argentina (42° 35 'S), ao Espírito Santo, sudeste do Brasil (18° 25' S) (JEFFERSON et al., 2015). Sua restrita distribuição costeira também contribui para que essa espécie seja o pequeno cetáceo mais ameaçado no oeste do Oceano Atlântico Sul (BOTTA et al., 2010).

*P. blainvillei* são encontradas sozinhas ou em pequenos grupos de até 15 indivíduos (JEFFERSON et al., 2015), porém na FMA II (Área de Gestão de Franciscanas) o tamanho médio de grupo é de 2,76 indivíduos (SUCUNZA et al., 2019). Além disso, os grupos apresentam uma distância média da costa de 3,57 km e chegam a profundidades médias de 3,95 m (SUCUNZA et al., 2019). Poucos são os estudos acerca de seu comportamento, pois é uma espécie pequena e difícil de ser avistada, apesar disso, comportamentos cooperativos de alimentação já foram observados na Argentina (JEFFERSON et al., 2015).

Seu repertório acústico se dá majoritariamente a partir da emissão de cliques de ecolocalização (BUSNEL et al., 1974; VON FERSEN et al., 1997; MÉLCON et al., 2012; TELLECHEA; NORBIS, 2014; PAITACH et al., 2021) apesar de estudos confirmarem que a

espécie emite assobios e sons pulsantes (CREMER et al., 2017), eles são raramente utilizados e acredita-se que são emitidos para uma comunicação entre mãe e filhote (CREMER et al., 2017). Os assobios apresentam frequências superiores a dos delfínídeos, atingindo frequências maiores que 94 kHz, porém a maioria desses assobios foram emitidos durante os procedimentos de captura/marcação/soltura, correspondendo a uma situação incomum e estressante (CREMER et al., 2017). Os sons pulsantes da espécie são geralmente relacionados à comunicação (CREMER et al. 2017), apresentando uma largura de banda máxima de 65 kHz, sendo a frequência mínima de 79 kHz e a máxima de 144 kHz (limite de frequência do estudo) (BARCELLOS et al., 2021). Além disso, o pico de frequência dos sons pulsantes da espécie pode variar de 85,5 até 123,2 kHz, apresentando uma média de 99,3 kHz (BARCELLOS et al., 2021)

Os cliques de ecolocalização das toninhas são considerados sons de banda estreita de alta frequência (NBHF) (MORISAKA; CONNOR, 2007), são cliques estereotipados que podem apresentar frequência predominante de 130 kHz e geralmente apresentam um delta de frequência baixo para emissão de seus sinais. (VON FERSEN, 1997). Estudos que investigam os cliques de ecolocalização das toninhas ainda não foram realizados no Rio de Janeiro. Na Ilha de Anchieta, em São Paulo, Barcellos et al. (2021) caracterizou os cliques e apontou uma frequência mínima e máxima de 83,9 kHz e 144 kHz (limite de frequência), respectivamente, reafirmando a banda estreita de frequência de apenas 60 kHz. Adicionalmente, a média do pico de frequência dos cliques de ecolocalização foi de 104 kHz, variando entre 85,5 e 116 kHz.

Estudos acerca da capacidade auditiva de *P. blainvillei* ainda não foram realizados, porém, hipóteses sugerem que a espécie consiga identificar sons de seus predadores, localizados em faixas de frequência mais amplas do que as que a espécie vocaliza (MORISAKA; CONNOR, 2007). No sudeste do Brasil já foram registrados ataques de orca à toninhas (SANTOS; NETTO, 2005), destacando o fato de que esses golfinhos identificam os assobios e sons pulsados produzidos pelos predadores e tendem a evitá-los (MORISAKA; CONNOR, 2007).

## 1. OBJETIVOS

### **Objetivo Geral**

Investigar os nichos acústicos de cinco espécies de odontocetos que habitam a região da Baía da Ilha Grande.

### **Objetivos específicos**

- Determinar a distribuição de energia dos sons tonais e pulsados nas bandas de frequência utilizadas por cada espécie;
- Caracterizar o nicho acústico das cinco espécies de cetáceos;
- Analisar a partição de frequência no comportamento vocal das espécies;
- Analisar a sobreposição dos nichos acústicos das cinco espécies de cetáceos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A Baía da Ilha Grande está localizada no litoral sul do estado do Rio de Janeiro ( $22^{\circ}50' - 23^{\circ}20'S$ ,  $44^{\circ}00' - 44^{\circ}45'W$ ), na região da Costa Verde, abrigoando os municípios de Paraty, Mangaratiba e Angra dos Reis. Além disso, também é lar de 189 ambientes insulares, entre eles a Ilha Grande, a maior ilha do estado do Rio de Janeiro (SILVA et al., 2022). Sua área é de cerca de 65.258 ha, possui um perímetro na linha d'água de aproximadamente 350 km e uma largura costeira máxima de 25 km, ademais, sua profundidade local pode chegar a 55 metros. (CREED et al., 2007; KJERFVE et al., 2021). Dezenas de afluentes provindo de pequenas bacias na Serra Mar, do planalto da Bocaina, da Ilha Grande e de pequenas ilhas ao redor, deságuam na baía, compondo uma região hidrográfica de 1.775 km<sup>2</sup> (KJERFVE et al., 2021).

A Baía da Ilha Grande é muito procurada por viajantes devido às suas belezas naturais, dessa forma a região apresenta diversas atividades turísticas, recreativas e de lazer náutico, que vem se intensificando cada vez mais nos últimos anos. Como consequência, foi possível observar um crescimento desordenado de empreendimentos imobiliários que tomaram conta das ilhas, áreas de manguezais, encostas e margens de rio, degradando os ecossistemas costeiros (COSTA, 1998; CREED et al., 2007). Esse crescente desenvolvimento econômico da região refletiu em um aumento de 10,7% da população nos últimos 10 anos (IBGE, 2010; ARAÚJO; DIAS, 2021), o que trouxe um aumento ainda maior do desmatamento e poluição da zona costeira, impactando a flora e fauna local (COSTA, 1998).

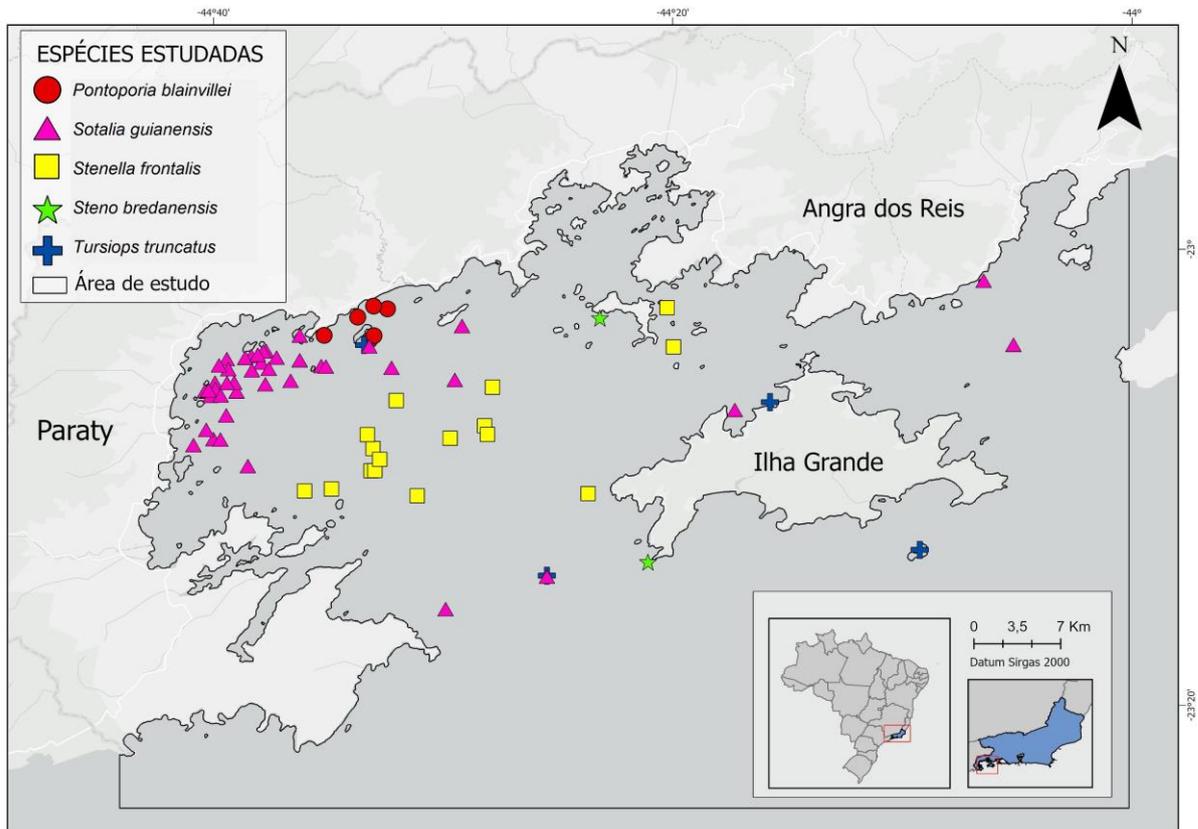
Em paralelo nos deparamos com outros empreendimentos de grande porte como um estaleiro, um terminal marítimo de petróleo, um terminal de minério e duas usinas nucleares (COSTA, 1998; KJERFVE et al., 2021), que geram diversas alterações na região, como o aumento no fluxo de embarcações da baía que somam aos mais de 2.000 navios, lanchas e botes que circulam pelas baías da Ilha Grande e de Sepetiba (CREED et al., 2007). A dragagem no Canal Central é feita regularmente a fim de auxiliar o deslocamento dessas embarcações, ato que, além de causar erosão e afetar os organismos de fundo, alia-se ao intenso tráfego de embarcações e aumenta os níveis de pressão sonora no local (CREED et al., 2007; BITTENCOURT et al., 2020a). O derramamento de óleo por terminais de petróleo e embarcações fundeadas também causa diversas modificações no ambiente devido à

compostos presentes nas tintas incrustantes, causando o efeito impossex em gastrópodes, alterações no desenvolvimento do fitoplâncton, do zooplâncton, de bivalves e na reprodução de peixes, imunossupressão em mamíferos, além de ser incorporado na cadeia alimentar de organismos marinhos (COSTA, 1998; SILVA et al., 2022). Os navios e plataformas também agem trazendo espécies exóticas através da água de lastro e de incrustações no casco, na baía já é possível encontrar espécies exóticas de corais, bivalves, crustáceos, peixes recifais, entre outros (SILVA et al., 2022). Outro impacto previsto é o aumento da temperatura da água e a liberação de radiação ionizante pelas usinas que operam na região (CREED et al., 2007).

Apesar da intensa ação antrópica, a baía apresenta grande diversidade de espécies, sendo considerada um importante *hotspot* de biodiversidade (CREED et al., 2007). Isso se dá devido às condições geográficas, hidrográficas e oceanográficas da região, que juntamente com o enriquecimento de nutrientes, proveniente das Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS), e do aporte de matéria orgânica trazido pelos rios, torna o ambiente mais rico e com maior abundância de organismos (LANA et al., 1996; BRANDINI et al., 1997; CREED et al., 2007). Por esse motivo a região abriga o maior número de Unidades de Conservação do estado do Rio de Janeiro, totalizando onze unidades que incluem Parques Nacionais e Estaduais, Áreas de Proteção Ambiental, Reservas Biológicas, tanto estaduais quanto particulares, e uma Estação Ecológica (CREED et al., 2007; SILVA et al., 2022).

A Baía da Ilha Grande é alvo de inúmeras pesquisas científicas, que visam promover a conservação e o desenvolvimento integral das sociedades e suas economias (CALLADO et al., 2019), investigando as ameaças e impactos que ela vem sofrendo ao longo dos anos. Nela também está localizado um Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que gera muito conhecimento acerca da baía a partir de seus diversos projetos de pesquisa, extensão e disciplinas (CALLADO et al., 2019). É de extrema importância que os estudos científicos na baía continuem, pois ela se mostra um importante ecossistema de interação entre diversos fatores como as populações tradicionais, o turismo, o desenvolvimento da indústria de petróleo e gás, da pesca e das unidades de conservação (SILVA et al., 2022), e entender como essas interações afetam os fatores bióticos e abióticos da baía é fundamental.

Figura 1 - Mapa da Baía da Ilha Grande (22°50' - 23°20'S, 44°00' - 44°45'W), sudeste do Brasil, local de coleta das gravações de *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *Pontoporia blainvillei*.



Legenda: Os pontos de coleta das gravações de cada espécie podem ser visualizados a partir dos símbolos e padrões de cores indicados na legenda do mapa.

## 2.2 Coleta de dados

As gravações acústicas do som subaquático produzido por diferentes espécies de cetáceos foram feitas na Baía da Ilha Grande, entre outubro de 2013 e novembro de 2023. Foram realizadas 97 saídas de campo, nas quais foram gravados grupos distintos de cinco espécies de odontocetos, dentre elas, 22 saídas foram gravados grupos de golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*), 61 foram gravados grupos de boto-cinza (*Sotalia guianensis*), 5 foram gravados grupos de golfinhos-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*), 4 foram gravados grupos de golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) e 6 foram gravados grupos de toninhas (*Pontoporia blainvillei*). Além das gravações em campo, também foram

realizadas gravações com gravadores autônomos fundeados para *P. blainvillei*, tendo um total de 10 dias de gravações. Os dados coletados no mesmo dia referem-se a apenas um grupo, além disso grupos mistos não foram avistados durante as saídas de campo, sendo assim, as gravações representam os sons exclusivamente da espécie e do grupo encontrados naquele momento.

Ao todo, foram coletadas 49 horas e 44 minutos de gravações na Baía da Ilha Grande, sendo cerca de 25 horas e 30 minutos de *P. blainvillei*, 14 horas e 25 minutos de *S. guianensis*, 6 horas e 19 minutos de *S. frontalis*, 2 horas de *S. bredanensis* e 1 hora e 27 minutos de *T. truncatus* (Tabela 1). Para o tratamento e posterior análise da distribuição de energia foram utilizadas apenas as gravações que possuíam uma taxa de amostragem de 192 kHz ou superior e que apresentavam pouco ruído mascarando os sons dos golfinhos. Além disso, arquivos com sons fracos ou distantes não foram incluídos nas análises. A quantidade de horas de gravação analisadas de *S. guianensis*, *S. frontalis* e *P. blainvillei* foram niveladas a fim de evitar uma sobre amostragem entre essas espécies. *S. bredanensis* e *T. truncatus* foram as duas espécies com a menor amostragem.

No apêndice é possível encontrar informações relativas à cada espécie: datas das gravações coletadas; tamanho de grupo; presença de filhotes; comportamento do grupo e taxa de amostragem utilizada em cada dia de gravação.

Tabela 1 – Informações referentes ao esforço de coleta e análise das gravações de *S. guianensis*, *S. frontalis*, *S. bredanensis*, *T. truncatus* e *Pontoporia blainvillei*: Total de dias que ocorrem coleta de gravação; tempo total das gravações coletadas; total de dias de gravações que foram analisadas; tempo total das gravações analisadas.

Espécies	Total de dias coletados	Tempo de gravações coletadas	Total de dias analisados	Tempo de gravações analisadas
<i>Sotalia guianensis</i>	49 dias	14h e 25min	39 dias	4h e 9 min
<i>Stenella frontalis</i>	19 dias	6h e 19 min	16 dias	4h e 50 min
<i>Steno bredanensis</i>	5 dias	2h e 2 min	3 dias	43 min e 40 s
<i>Tursiops truncatus</i>	4 dias	1h e 27 min	2 dias	31 min e 44 s
<i>Pontoporia blainvillei</i>	17 dias	25 h e 31 min	13 dias	1h e 2 min

As coletas foram realizadas em dias em que as condições marítimas estavam favoráveis ( $\text{Beauford} \leq 2$ ). As gravações só foram iniciadas após cerca de 30 minutos do avistamento do grupo, com o motor e sonda do barco desligados, para assegurar que os animais não modificassem seu comportamento acústico devido a presença da embarcação. O monitoramento do som foi feito com o auxílio de fones de ouvido sempre que possível, a fim de perceber se a intensidade do som estava adequada, caso não estivesse o barco era reposicionado.

Os dados acústicos foram coletados utilizando três sistemas de gravação: o primeiro contendo um hidrofone modelo C54 (sensibilidade média  $-155.8\text{dBV}$ , 5Hz a 48kHz), acoplado a um gravador digital modelo Fostex (taxa de amostragem de 192 kHz); o segundo consistiu em um hidrofone HTI-96MIN (sensibilidade média  $-201\text{dBV}$ , 2Hz a 30kHz) acoplado a um gravador digital modelo SM4+ (taxa de amostragem de 500 kHz); e o terceiro foi composto por um hidrofone HTI-96MIN (sensibilidade média  $-201\text{dBV}$ , 2Hz a 30kHz) conectado a um gravador autônomo DSG (taxa de amostragem de 288 kHz). Os hidrofones dos gravadores manuais foram posicionados entre 2 e 4 metros de profundidade no momento das gravações, enquanto que o gravador autônomo foi submerso a 4 metros de profundidade e foi programado para fazer gravações contínuas de arquivos de 10min por períodos de 24h.

A distinção na taxa de amostragem presente nos três diferentes sistemas de gravação influenciou diretamente na amostragem dos sons de alta frequência das espécies de delphinídeos, principalmente de *S. bredanensis*. A espécie teve todas as suas gravações realizadas com a menor taxa de amostragem disponível (192 kHz), que dispõe de uma frequência Nyquist de 96 kHz. Essa estreita faixa de frequência impossibilita o registro dos sons pulsados da espécie, que ultrapassam o limite de frequência, impedindo assim a análise do nicho acústico completo de *S. bredanensis*. Além disso, grande parte das gravações de *S. guianensis* e *S. frontalis* também foram realizadas com a taxa de amostragem de 192 kHz. Apesar disso, também houve registros com as taxas de 288 e 500 kHz que tornaram possível a caracterização de seus sons pulsados.

### 2.3 Análise dos dados

Na primeira etapa, as gravações foram tratadas no *software Adobe audition 1.5*, de forma a remover todos os sons artificiais e preservar apenas os sons dos cetáceos. Foram

gerados espectrogramas com tamanho de janela de 512 pontos e 32 bits de resolução, nos quais os sons das espécies foram detectados e removidos manualmente a partir de uma janela de 2 segundos. Além disso, um filtro de 2kHz foi utilizado, no caso dos delfinídeos, para retirar o ruído de fundo, já que foram encontrados poucos assobios se iniciando abaixo dessa frequência. Para gravações de *P. blainvillei* foi utilizado um amplificador de 30dB para melhorar a visualização do espectrograma e um filtro de 50 kHz para remoção de sons que não eram da espécie em questão, visto que seus sons NBHF se iniciam em frequências muito superiores. Desse modo, foi possível ter certeza de que o resultado obtido correspondia aos sons das espécies estudadas, tornando-o mais consistente.

Cada arquivo foi processado separadamente para que fosse possível obter a distribuição de energia ao longo das frequências em cada período do dia, a fim de evitar um mascaramento dos dados das gravações que obtivessem poucas vocalizações. Com o intuito de analisar a distribuição de energia em uma maior faixa de frequência, foram utilizados apenas arquivos gravados com taxa de amostragem de 192 kHz, 288 kHz e 500 kHz, os quais forneceram frequência Nyquist de 96 kHz, 144 kHz e 250 kHz, respectivamente.

Em seguida, com o objetivo de definir a distribuição de energia dos sons de cada espécie, as gravações foram analisadas no *software PAMGuide* com base em Matlab (MERCHANT et al., 2015). Nas configurações de análise foram utilizadas janela tipo *Hann* com 1024 pontos, comprimento de janela de 2 segundos e 50% de sobreposição. Foi realizada uma análise TOL (*Third Octave Level*) a fim de determinar a disposição da intensidade sonora ao longo das gravações.

A análise TOL é utilizada para calcular os níveis de potência média quadrática (RMS) da pressão sonora em bandas de um terço de oitava, as quais se ampliam exponencialmente com o aumento da frequência e são espaçadas de maneira uniforme em um eixo de frequência logarítmica, de modo que a frequência dobra a cada três bandas de um terço de oitava, e três bandas adjacentes equivalem à largura de uma banda de oitava (MERCHANT et al., 2015). A largura de banda é diretamente proporcional à frequência central, na qual o limite superior de frequência (Hz) é maior do que o resultado da multiplicação do limite inferior pela raiz cúbica de 2 (1,26) (RICHARDSON et al., 1995), sendo assim, os níveis de RMS são representados por uma única frequência em cada uma das bandas de um terço de oitava. Esse tipo de análise foi escolhida pois os TOLs apresentam uma resolução de frequência mais baixa se comparada à outros tipos de análises, o que gera um menor esforço computacional ao processar e armazenar um grande conjunto de dados, já que, o cálculo é realizado apenas em bandas de um terço de oitava (MERCHANT et al., 2015).

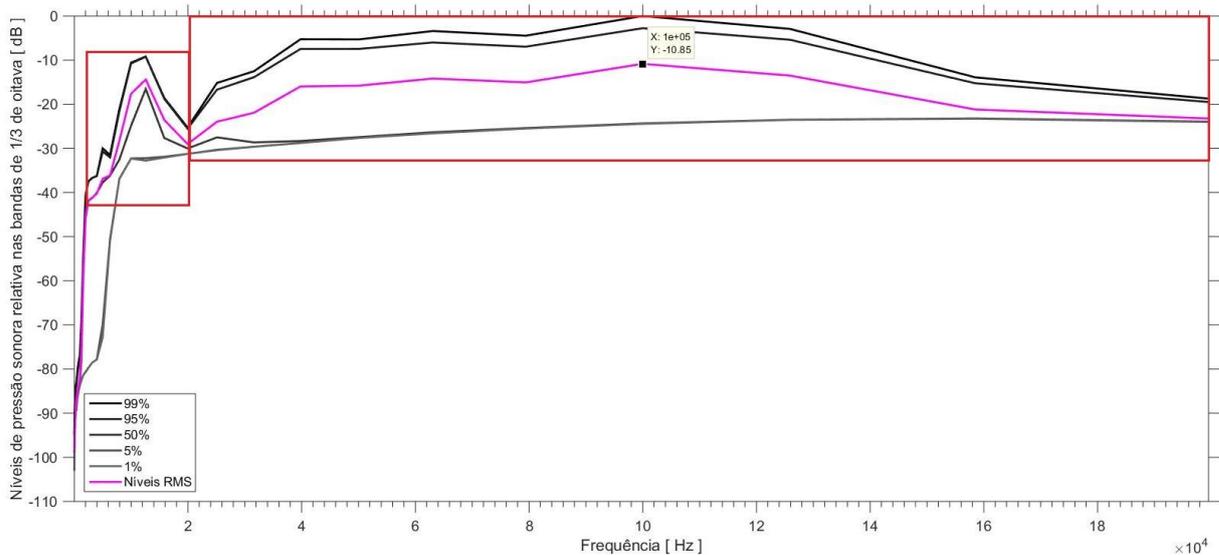
Além disso, as bandas de um terço de oitava se assemelham melhor a percepção auditiva dos mamíferos devido ao seu espaçamento de frequência logarítmica, tornando-as úteis para análises acústicas (RICHARDSON et al., 1995; MERCHANT et al., 2015).

A partir desta análise foi gerado um gráfico de espectro que tornou possível a determinação dos níveis de RMS em três frequências distintas: na frequência do pico de energia inicial (FPI), na frequência do pico de energia (FP) e na frequência do pico de energia final (FPF); sendo cada uma dessas frequências determinadas para duas categorias: primeiro para os sons tonais (assobios) e depois para os sons pulsados (clique e sons pulsantes) (Fig.2). Dessa forma, foi possível observar, em cada gravação, em qual banda de frequência se iniciava a energia do som, em qual banda essa energia possuía a maior intensidade e em qual banda de frequência a energia do sinal terminava, mesmo que, objetivamente, o som iniciasse sua frequência fundamental antes do pico de energia inicial.

Os valores foram extraídos dos arquivos de cada espécie e adicionados a uma planilha do Excel. Posteriormente, um gráfico de linhas foi plotado a partir dos valores dos níveis de RMS nas bandas de frequências analisadas em cada gravação, com um intuito de observar as mudanças na distribuição de energia de cada espécie ao longo do tempo.

Depois de analisadas, as gravações foram compiladas em um só gráfico de espectro de longa duração chamado de LTS (*Long Term Spectral*), o qual demonstra a variação na distribuição de energia a partir de uma escala de cores para visualização da pressão sonora relativa ao longo das bandas de frequências utilizadas pelas espécies em cada uma das gravações.

Figura 2 - Exemplo da determinação dos níveis de RMS dos sons tonais e pulsados.



Legenda: Exemplo de um gráfico de espectro gerado a partir da análise TOL de uma gravação de *Stenella frontalis* para extração dos níveis de RMS. O retângulo menor demonstra os níveis de pressão sonora dos sons tonais, e o retângulo maior os níveis dos sons pulsados. O quadrado preto mostra como determinamos a frequência do pico de energia, sendo nesse caso a dos sons pulsados. O eixo X corresponde à frequência em Hz e o eixo Y, os níveis de pressão sonora em bandas de um terço de oitava em decibéis.

### 3.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas no *Software Statistica 7.0*. A fim de caracterizar o nicho acústico das cinco espécies de cetáceos, foram realizadas estatísticas descritivas para os níveis de RMS nas frequências: do pico de energia inicial, do pico de energia e do pico de energia final, das duas categorias de sons: tonais e pulsados, incluindo média, desvio padrão, variância, mediana, valores mínimos e máximos. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilks ( $p < 0,05$ ), que apresentou distribuição não normal. Gráficos exploratórios, como histogramas e *Box plots*, foram plotados com o propósito de observar de forma mais clara a disposição dos dados.

Foi gerado um gráfico de dispersão com as medianas extraídas dos níveis de pressão sonora relativa em cada banda de frequência de um terço de oitava utilizada pela espécie. Assim, foi possível visualizar a largura completa da banda de frequência utilizada por cada

espécie para distribuir a sua energia acústica, além de perceber a sobreposição entre os nichos acústicos das cinco espécies em conjunto.

Uma análise de cluster foi realizada com o intuito de observar possíveis similaridades entre os sons das espécies. Foi determinada a distância de ligação dos sons tonais dos delfínídeos, como também dos sons pulsados dos odontocetos (exceto *S. bredanensis*), utilizando um método da árvore de junção, ligação completa e distância euclidiana baseados nas médias dos valores de frequência do pico inicial, frequência do pico e frequência do pico final.

Para estimar a sobreposição da distribuição de energia dos sons tonais entre as espécies de delfínídeos, utilizamos os valores da frequência do pico de energia inicial e final no pacote nichoROVER em R (Niche Region and Niche Overlap Metrics for Multidimensional Ecological Niches; SWANSON et al., 2015). Este método calcula a média posterior e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposições pareadas, fornecendo estimativas da probabilidade de um indivíduo da espécie A ser encontrado na área de nicho da espécie B. A sobreposição foi estimada para 40% e 95% da região de nicho de cada espécie. O pacote SIBER foi utilizado para calcular a métrica de área de elipse padrão bayesiana estimada com o intuito de visualizar a sobreposição entre as distribuições de energia, representada por elipses abrangendo 40% e 95% dos dados de cada espécie (JACKSON et al., 2011). Para o cálculo da probabilidade de sobreposição dos sons pulsados utilizamos as mesmas análises a partir dos valores da largura da banda de frequência e da frequência do pico utilizada por cada espécie para distribuir e concentrar a energia de seus cliques e sons pulsantes. Essas medidas foram escolhidas para que a matriz de dados não fosse singular e pudesse ser invertível. Devido à baixa amostragem de gravações acima de 192 kHz para *S. bredanensis*, não foi possível incluir a espécie nas análises, com o intuito de evitar a subestimação de seu nicho acústico se comparado ao das outras espécies de odontocetos. As análises de nicho foram realizadas utilizando o *Software R* versão 4.2.3 (R Core Team 2013).

### 3. RESULTADOS

No total, aproximadamente 16 horas e 45 minutos de gravações foram analisadas, sendo: 4 horas e 50 minutos de *S. frontalis*, 4 horas e 35 minutos de *S. guianensis*, 44 minutos de *S. bredanensis*, 32 minutos de *T. truncatus* e 6 horas de *P. blainvillei*.

Na tabela 2 é possível visualizar a estatística descritiva da distribuição de energia nas frequências de sons tonais e sons pulsados para cada espécie, contendo valores de média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo.

A figura 3 mostra as bandas de frequência ocupadas pelos nichos acústicos das espécies assim como sua distribuição de energia. Os sons tonais dos delfinídeos podem ser observados entre as bandas de frequência de 2 a 31,6 kHz, enquanto os sons pulsados se encontram entre as bandas de 7,9 a 199,5 kHz. O nicho acústico de *Pontoporia blainvillei* é composto apenas por uma faixa estreita de sons pulsados, que podem ser observados entre as bandas de 79,4 e 158,5 kHz.

*Sotalia guianensis* e *Stenella frontalis* demonstraram uma largura de banda de 197 kHz, apresentando o maior nicho acústico dentre as todas as espécies, seguido de *Tursiops truncatus* que apresentou uma largura de banda de 195,5 kHz. Enquanto *Steno bredanensis* e *Pontoporia blainvillei* foram as espécies com o menor nicho, apresentando largura de banda de 77,4 e 79,1 kHz, respectivamente (Fig.3).

Tabela 2 - Estatística descritiva da distribuição de energia nas frequências de sons tonais em 4 espécies de delfínídeos.

Sons tonais	<i>Sotalia guianensis</i> (N=114)	<i>Stenella frontalis</i> (N=86)	<i>Tursiops truncatus</i> (N=29)	<i>Steno bredanensis</i> (N=22)
FPI	4,3±1,6 4,0 (2,5-10,0)	4,5±1,7 4,0 (2,5-7,9)	5,7±1,1 6,3 (4,0-7,9)	3,7±0,9 4,0 (2,0-5,0)
FP	9,6±3,2 10,0 (4,0-20,0)	9,1±3,8 10,0 (3,2-20,0)	13,7±5,1 12,6 (5,0-25,1)	5,7±1,0 6,3 (3,2-7,9)
FPF	17,9±2,3 20,0 (12,6-20,0)	16,3±3,1 15,9 (7,9-31,6)	17,1±2,8 15,9 (12,6-25,1)	9,2±2,0 7,9 (6,3-12,6)

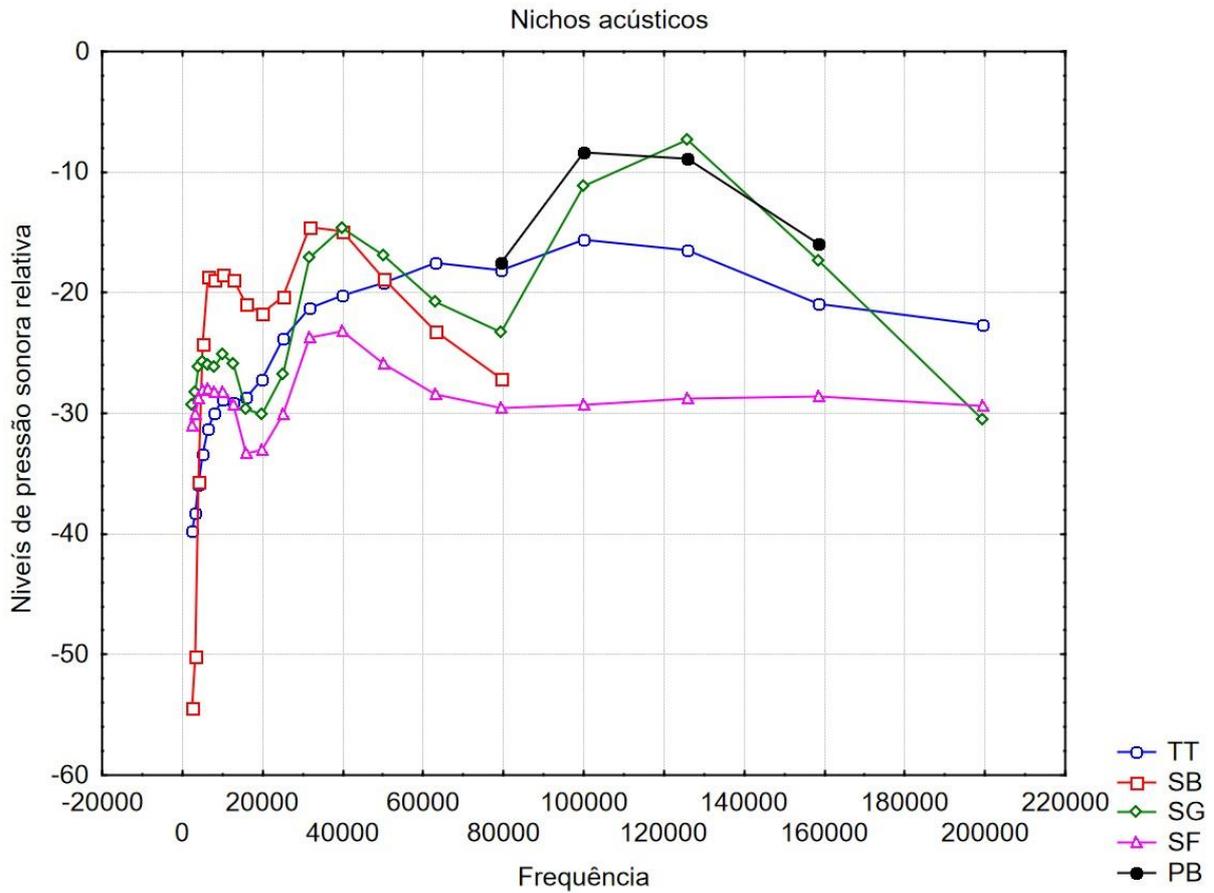
Legenda: Estatística descritiva com valores de média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo da distribuição de energia nas frequências de sons tonais de *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Tursiops truncatus* e *Steno bredanensis*. Variáveis de frequência incluem: frequência do pico de energia inicial (FPI), frequência do pico de energia (FP) e frequência do pico de energia final (FPF). As medidas de frequência estão em kHz.

Tabela 3 - Estatística descritiva da distribuição de energia nas frequências de sons pulsados em 5 espécies de cetáceos.

Sons pulsados	<i>Sotalia guianensis</i> (N=120)	<i>Stenella frontalis</i> (N=104)	<i>Tursiops truncatus</i> (N=33)	<i>Steno bredanensis</i> (N=29)	<i>Pontoporia blainvillei</i> (N=75)
FPI	20,8±2,8 20,0 (15,9-25,1)	19,0±3,5 20,0 (10,0-31,6)	19,7±2,9 20,0 (15,9-25,1)	17,0±4,5 15,9 (7,9-25,1)	90,4±10,3 100,0 (79,4-100,0)
FP	50,0±23,9 39,8 (39,8-125,9)	51,0±17,0 39,8 (31,6-100,0)	67,5±34,5 50,1 (25,1-125,9)	32,7±8,3 31,6 (12,6-39,8)	106,5±11,3 100,0 (100,0-125,9)
FPF	99,4±44,9 79,4 (79,4-199,5)	95,0±27,2 79,4 (79,4-199,5)	184,9±39,8 199,5 (79,4-199,5)	79,4±0,0 79,4 (79,4-79,4)	127,2±6,4 125,9 (125,9-158,5)

Legenda: Estatística descritiva com valores de média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo da distribuição de energia nas frequências de sons pulsados de *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Tursiops truncatus*, *Steno bredanensis* e *Pontoporia blainvillei*. Variáveis de frequência incluem: frequência do pico de energia inicial (FPI), frequência do pico de energia (FP) e frequência do pico de energia final (FPF). As medidas de frequência estão em kHz.

Figura 3 - Nichos acústicos de cinco cetáceos presentes na Baía da Ilha Grande.



Legenda: Nichos acústicos representados pela largura de banda de frequência na qual a energia se concentra, das cinco espécies de cetáceos: *S. guianensis* (SG), *S. frontalis* (SF), *S. bredanensis* (SB), *T. truncatus* (TT) e *P. blainvillei* (PB). O eixo X representa a frequência e o Y os níveis de pressão sonora relativa em bandas de um terço de oitava.

### 3.1 Caracterização do nicho acústico das cinco espécies de cetáceos

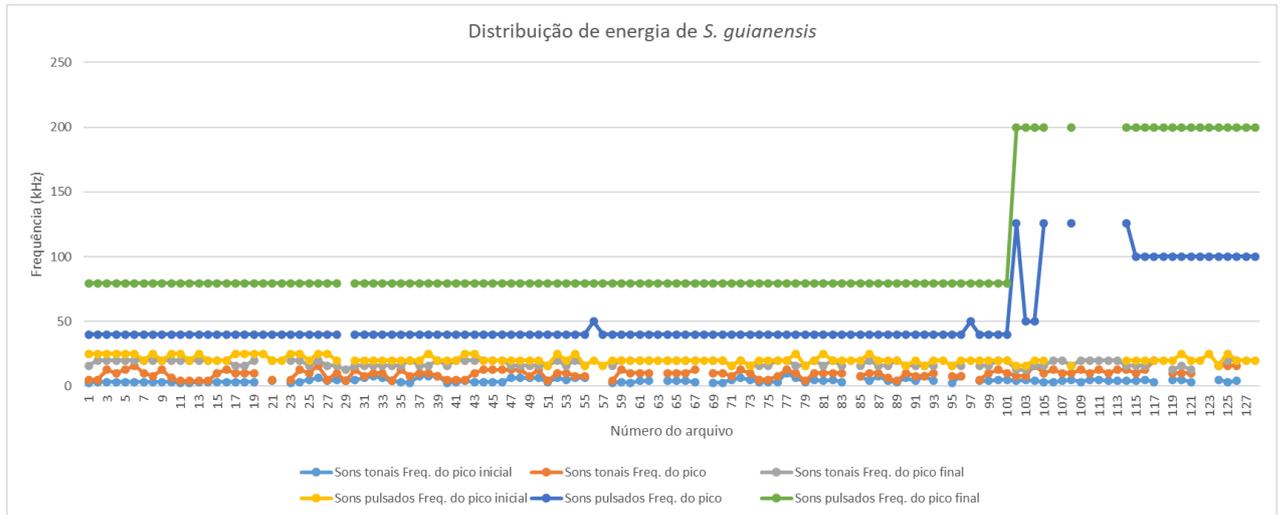
#### 3.1.1 Nicho acústico de *Sotalia guianensis*

A distribuição de energia dos sons tonais de *S. guianensis* variou de 2,5 kHz a 20 kHz, com largura de banda de frequência de 17,5 kHz. A FPI apresentou uma ampla faixa de frequência, variando entre 2,5 kHz e 10 kHz, porém a banda de frequência de 4,0 kHz foi utilizada pela espécie na maioria das gravações. A FP dos sons tonais concentrou-se em 10 kHz, que foi a frequência utilizada para concentrar a energia dos sinais da espécie na maioria das gravações, variando de 4,0 kHz a 15,9 kHz. A energia acústica dos sons tonais terminou majoritariamente em 20 kHz, mas a FPF variou de 12,6 kHz a 20,0 kHz.

A largura de banda de frequência dos sons pulsados foi de 183,9 kHz, com frequência mínima de 15,6 kHz e frequência máxima de 199,5 kHz. A maioria dos sons pulsados teve a FPI em 4,0 kHz, variando de 2,5 kHz a 10,0 kHz. A energia dos cliques e sons pulsantes teve seu pico concentrado principalmente na FP de 39,8 kHz, mas variou de 39,8 kHz a 125,9 kHz. Levando em consideração que a maior parte das gravações teve uma taxa de amostragem de 192 kHz, a FPF foi de 79,4 kHz na maioria das gravações, pois representa a última banda de um terço de uma oitava dentro da faixa de frequência disponível.

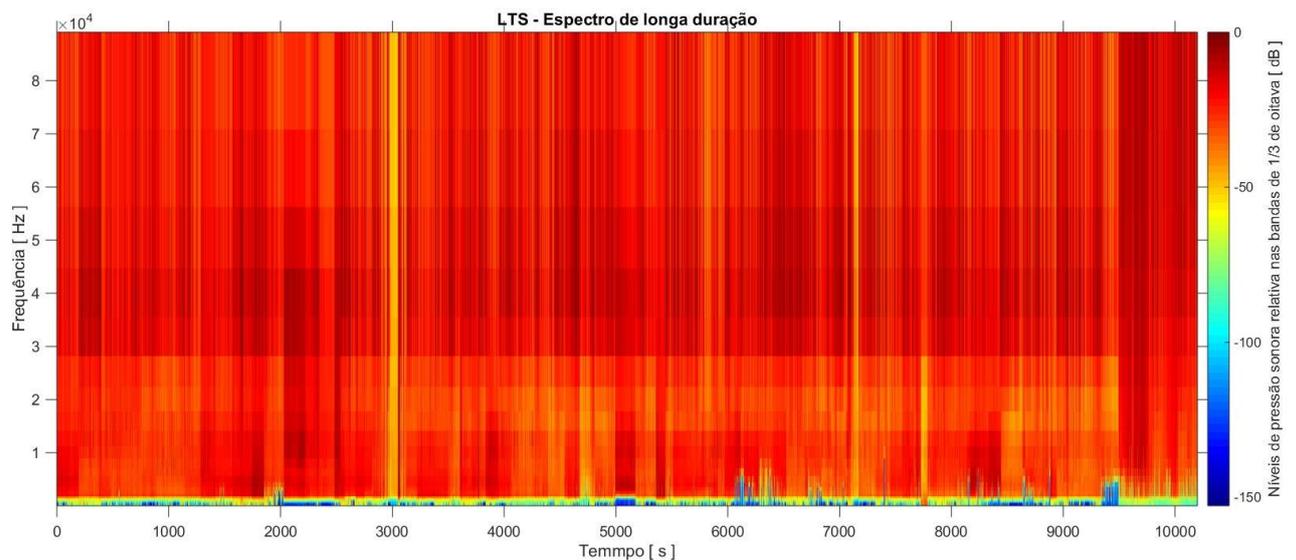
O nicho acústico completo de *S. guianensis* é representado por uma FPI de 2,5 kHz e uma FPF de 199,5 kHz, com largura de banda de frequência de 197 kHz. A frequência do pico de energia dos sons pulsados apresentou grande estabilidade, porém ao aumentar a taxa de amostragem das gravações picos em frequências mais altas foram observados (Fig. 4, 5). Ao observar os histogramas é possível visualizar que a frequência do pico de energia dos assobios variou entre diversas bandas de frequências, demonstrando que mais de 50% dos sons tiveram a energia concentrada em frequências abaixo de 10 kHz (Fig. 6).

Figura 4 - Variação da distribuição de energia do nicho acústico de *S. guianensis*.



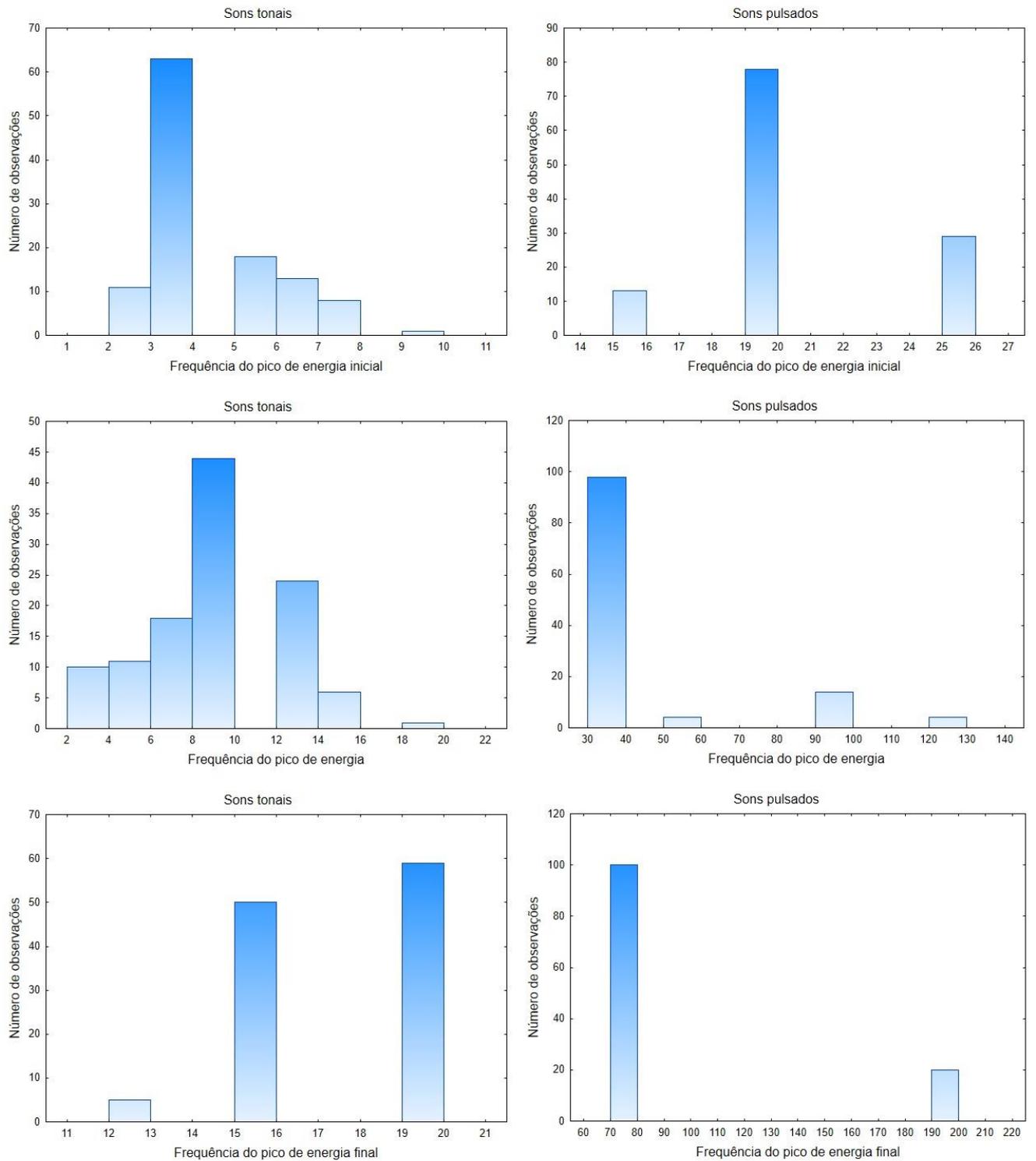
Legenda: Distribuição de energia da frequência do pico de energia inicial, da frequência do pico de energia e da frequência do pico de energia final, dos sons tonais e pulsados de *S. guianensis*. O eixo X representa os arquivos de gravações e o Y a frequência em kHz. As representações das cores estão indicadas na legenda do gráfico. Gravações com taxa de amostragem de 192 e 500 kHz.

Figura 5 - LTS das gravações de *S. guianensis* demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.



Legenda: O eixo X representa o tempo em segundos, o Y a frequência em kHz e a escala de cores demonstra os níveis de pressão sonora relativa nas bandas de um terço de oitava em decibéis. Taxa de amostragem de 192 kHz.

Figura 6 - Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de *Sotalia guianensis*.



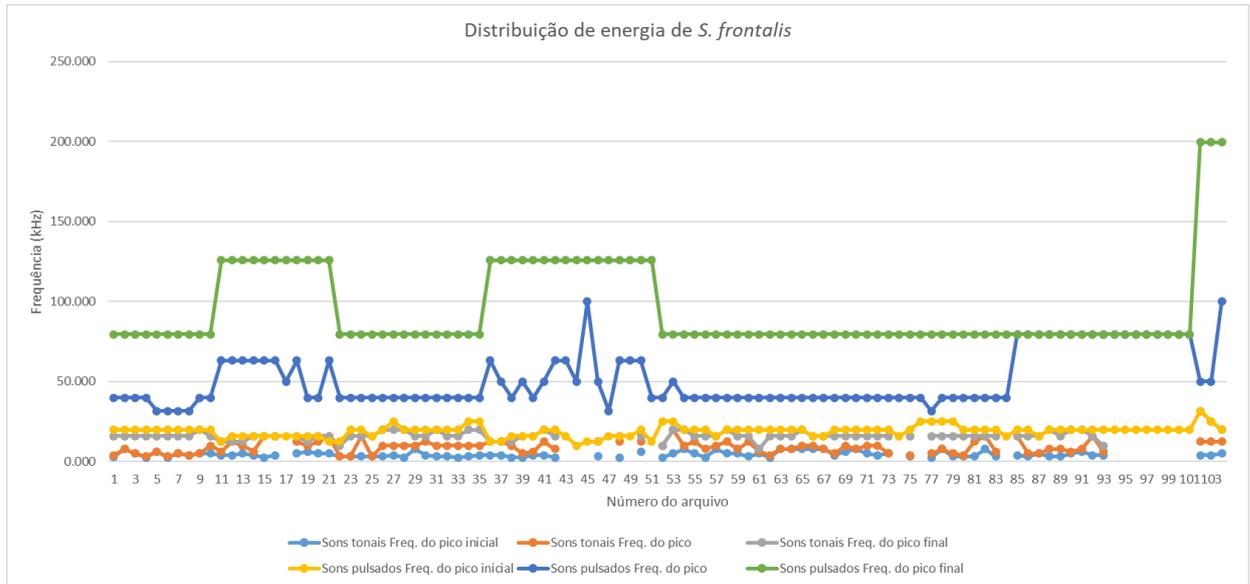
### 3.1.2 Nicho acústico do *Stenella frontalis*

A distribuição de energia dos assobios teve frequência mínima de 2,5 kHz e frequência máxima de 31,6 kHz, com largura de banda de frequência de 29,1 kHz. A FPI dos sons tonais concentrou-se majoritariamente em 4,0 kHz, com variação de 2,5 kHz a 10,0 kHz. Nesta categoria a FP foi distribuída entre 3,2 kHz e 20,0 kHz, e teve alta concentração em 10,0 kHz na maioria das gravações. *S. frontalis* utilizou predominantemente a FPF de 15,9 kHz, variando de 7,9 kHz a 31,6 kHz.

A energia dos cliques e sons pulsantes analisados apresentou uma largura de banda de frequência de 189,5 kHz, sendo a frequência mínima de 10,0 kHz e a frequência máxima de 199,5 kHz, o que correspondia à frequência máxima da taxa de amostragem. A FPI dos sons pulsados variou de 15,6 kHz a 25,1 kHz, mas a energia concentrou-se na maioria das gravações em 20,0 kHz. A FP variou entre 31,6 kHz e 100,0 kHz, porém teve sua concentração em 39,8 kHz na maioria das gravações. A FP teve uma distribuição de energia que variou entre 79,4 kHz e 199,5 kHz, sendo a frequência 79,4 kHz a mais utilizada. A banda de frequência em que a energia sonora terminou, na maioria das vezes, foi 79,4 kHz, mas a FPF variou de 79,5 kHz a 199,5 kHz de acordo com a taxa de amostragem das gravações.

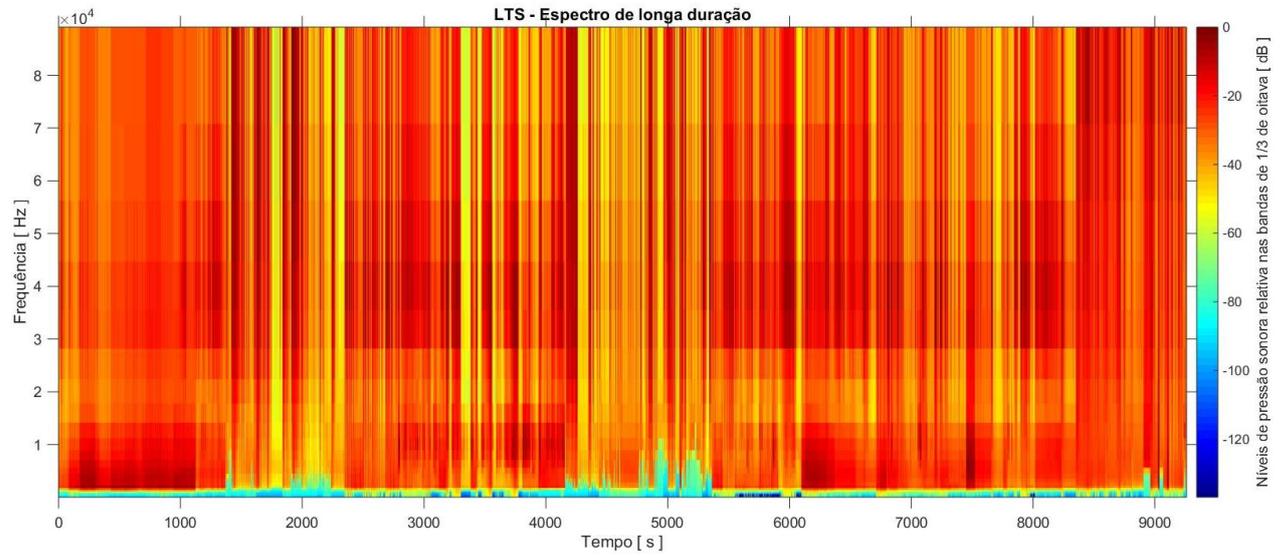
O nicho acústico de *S. frontalis* teve uma variação na distribuição da energia acústica entre 2,5 kHz e 199,5 kHz, apresentando uma largura de banda de frequência de 197,0 kHz (Fig. 7, 8). A partir da análise dos histogramas é possível perceber que a frequência do pico de energia dos sons tonais variou bastante ao longo das gravações, enquanto a dos sons pulsados se manteve majoritariamente entre as bandas de 30 e 40 kHz (Fig. 9). É notório que essa variação na frequência do pico de energia dos sons pulsados se deu de acordo com a taxa de amostragem, demonstrando constância quando a taxa de amostragem era de 192 kHz, e maior variação quando a taxa de amostragem aumentou.

Figura 7 - Variação da distribuição de energia do nicho acústico de *S. frontalis*.



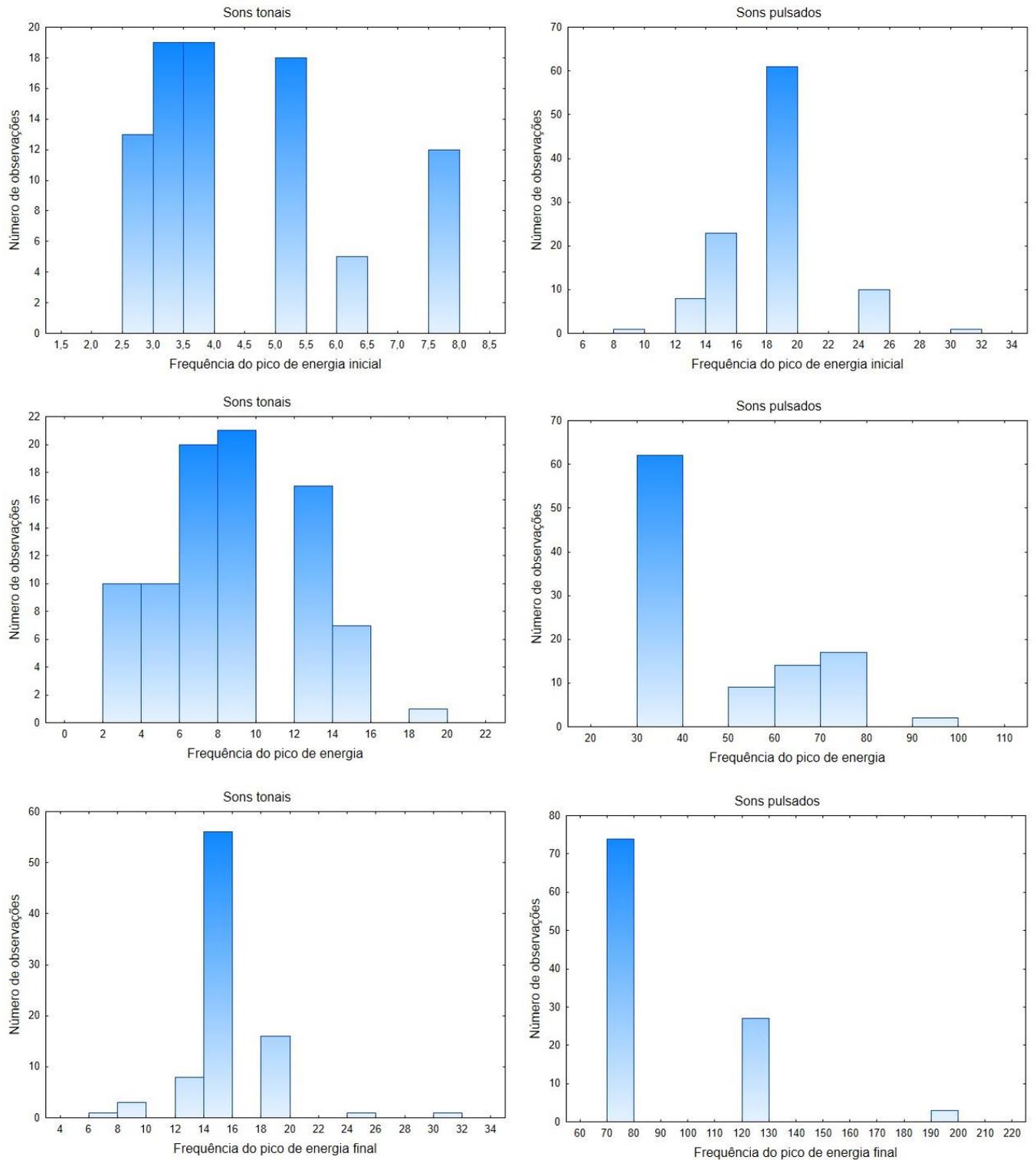
Legenda: Distribuição de energia da frequência do pico de energia inicial, da frequência do pico de energia e da frequência do pico de energia final, dos sons tonais e pulsados de *S. frontalis*. O eixo X representa os arquivos de gravações e o Y a frequência em kHz. As representações das cores estão indicadas na legenda do gráfico. Gravações com taxa de amostragem de 192, 288 e 500 kHz.

Figura 8 - LTS das gravações de *S. frontalis* demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.



Legenda: O eixo X representa o tempo em segundos, o Y a frequência em kHz e a escala de cores demonstra os níveis de pressão sonora relativa nas bandas de um terço de oitava em decibéis. Taxa de amostragem de 192 kHz.

Figura 9 - Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de *Stenella frontalis*.



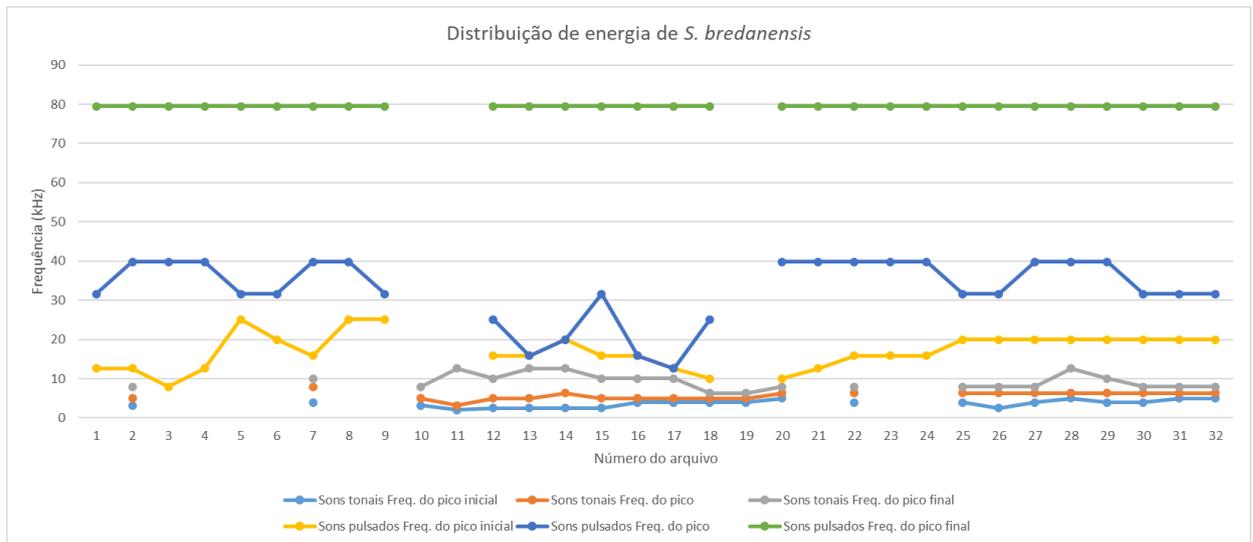
### 3.1.3 Nicho acústico de *Steno bredanensis*

A análise dos sons tonais demonstrou que a largura de banda de frequência, onde se distribui a energia dos assobios, variou de 2,0 kHz a 12,6 kHz, com largura total de 10,6 kHz. A FPI da energia sonora tonal variou entre 2,0 kHz e 5,0 kHz, sendo a banda de frequência de 4,0 kHz a mais utilizada nas gravações. A FP dos sons tonais teve maior concentração de energia na maioria das gravações em 6,3 kHz, podendo variar entre 3,2 kHz e 7,9 kHz. A FPF teve sua distribuição de energia variando de 3,2 kHz a 7,9 kHz, sendo 6,3 kHz a faixa de frequência onde a energia dos assobios terminava na maior parte das gravações.

A distribuição de energia dos sons pulsados emitidos por *S. bredanensis* variou de 7,9 kHz a 79,4 kHz, com largura de banda de frequência de 71,5 kHz. A FPI dos sons pulsados foi definida na maioria das gravações em 4,0 kHz, mas variou entre 2,0 kHz e 5,0 kHz. Cliques e sons pulsantes tiveram uma FP variando de 12,6 kHz a 39,8 kHz, com concentração de energia principalmente na banda de 31,6 kHz. A FPF demonstrou que todas as gravações de *S. bredanensis* tiveram uma taxa de amostragem de 192 kHz, portanto a energia dos sons pulsados de todos os arquivos terminou em 79,4 kHz, a última banda de um terço de oitava disponível para essa taxa de amostragem.

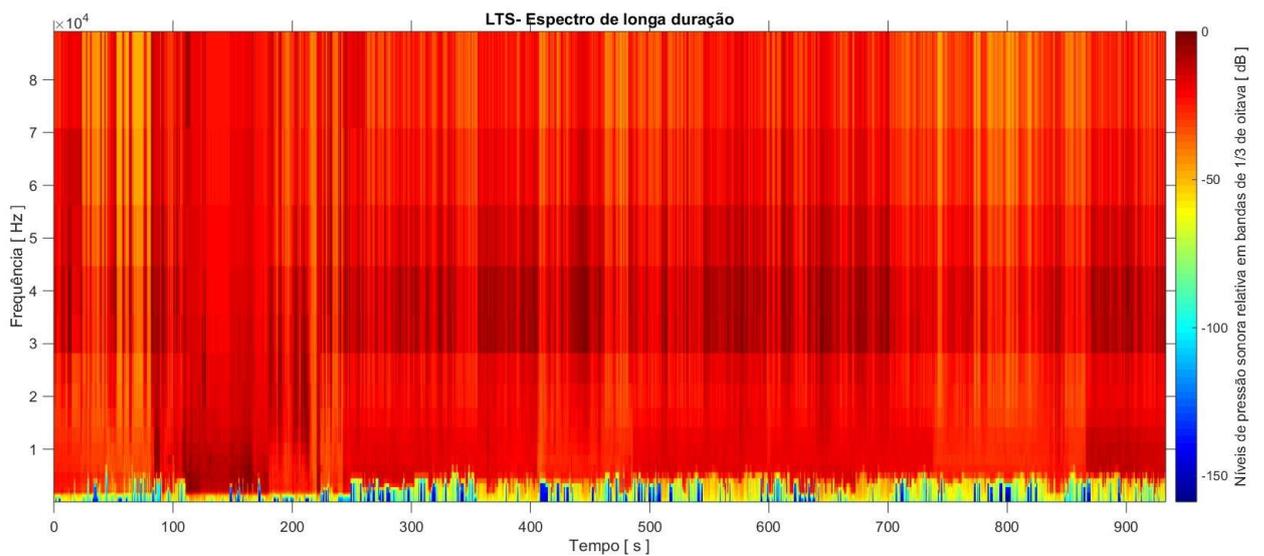
O nicho acústico de *S. bredanensis* apresentou uma largura de banda de frequência de 77,4 kHz, com frequência mínima de 2,0 kHz e frequência máxima de 79,4 kHz (Fig. 10, 11). Pode-se observar nos histogramas que a frequência do pico de energia dos sons tonais se concentrou majoritariamente em duas bandas de frequência, 5 e 6,5 kHz. Enquanto isso, o pico de energia dos sons pulsados se concentrou em frequências mais baixas quando comparadas às outras espécies tendo mais de 50% dos seus dados concentrados entre 30 e 40 kHz (Fig. 12).

Figura 10 -Variação da distribuição de energia do nicho acústico de *S. bredanensis*.



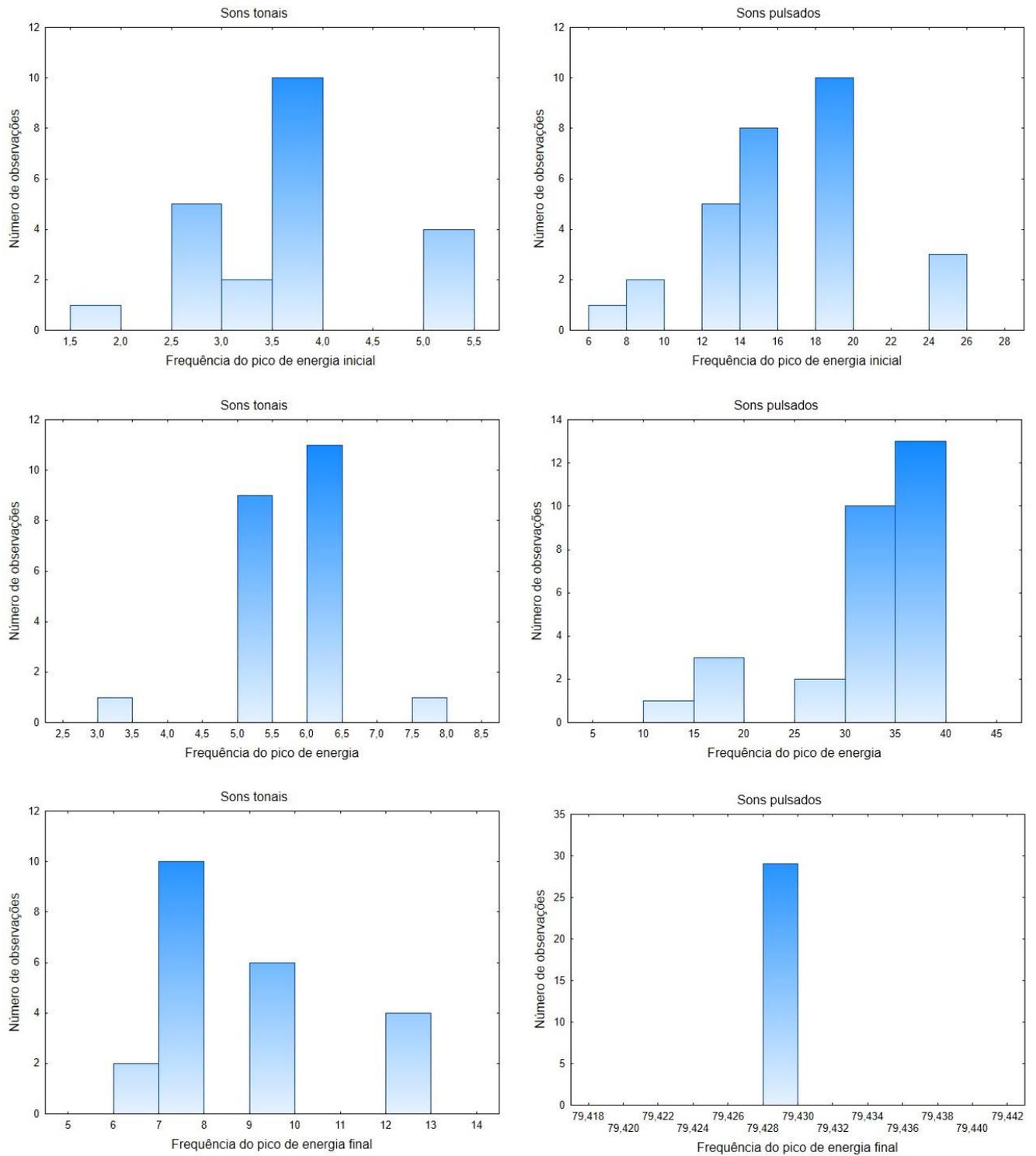
Legenda: Distribuição de energia da frequência do pico de energia inicial, da frequência do pico de energia e da frequência do pico de energia final, dos sons tonais e pulsados de *S. bredanensis*. O eixo X representa os arquivos de gravações e o Y a frequência em kHz. As representações das cores estão indicadas na legenda do gráfico. Gravações com taxa de amostragem de 192 kHz.

Figura 11 - LTS das gravações de *S. bredanensis* demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.



Legenda: O eixo X representa o tempo em segundos, o Y a frequência em kHz e a escala de cores demonstra os níveis de pressão sonora relativa nas bandas de um terço de oitava em decibéis. Taxa de amostragem de 192 kHz.

Figura 12 - Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de *Steno bredanensis*.



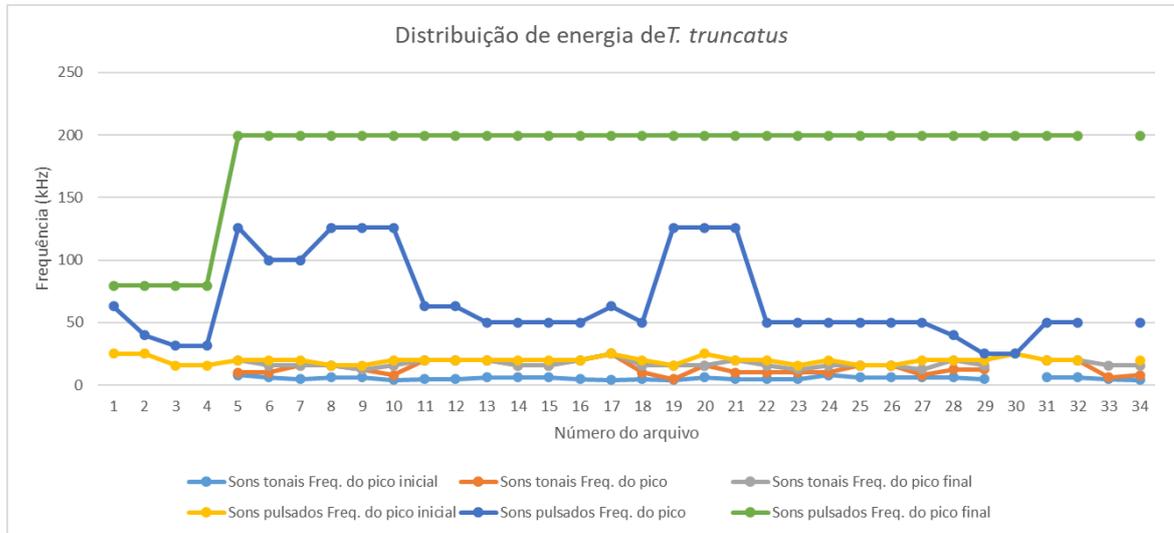
### 3.1.4 Nicho acústico de *Tursiops truncatus*

A distribuição de energia dos sons tonais teve largura de banda de frequência de 21,1 kHz, com frequência mínima de 4,0 kHz e frequência máxima de 25,1 kHz. A FPI variou de 4,0 kHz a 7,9 kHz, mas a banda de frequência de 6,3 kHz foi a mais utilizada para iniciar a energia dos sons tonais dessa espécie. Os assobios tiveram uma FP principalmente em 12,6 kHz, mas o pico variou entre 5,0 kHz e 25,1 kHz. A FPF concentrou-se na maioria das gravações em 15,9 kHz, variando entre 12,6 kHz e 25,1 kHz.

Os cliques e sons pulsantes tiveram distribuição de energia entre 15,9 kHz e 199,5 kHz, com largura de banda de frequência de 183,6 kHz. A análise da FPI demonstra que a banda de frequência 20,0 kHz foi a mais utilizada para iniciar a energia dos sons pulsados da espécie, variando entre 15,9 kHz e 25,1 kHz. A banda de frequência mais utilizada para concentrar o pico de energia dos sons pulsados foi a de 50,1 kHz, variando entre 25,1 kHz e 125,9 kHz. A FPF de cliques e sons pulsantes apresentou variação de acordo com a taxa de amostragem, a maioria das gravações teve taxa de amostragem de 500 kHz, portanto a banda de frequência mais utilizada foi 199,5 kHz, a última banda de um terço de de oitava disponível para essa taxa de amostragem.

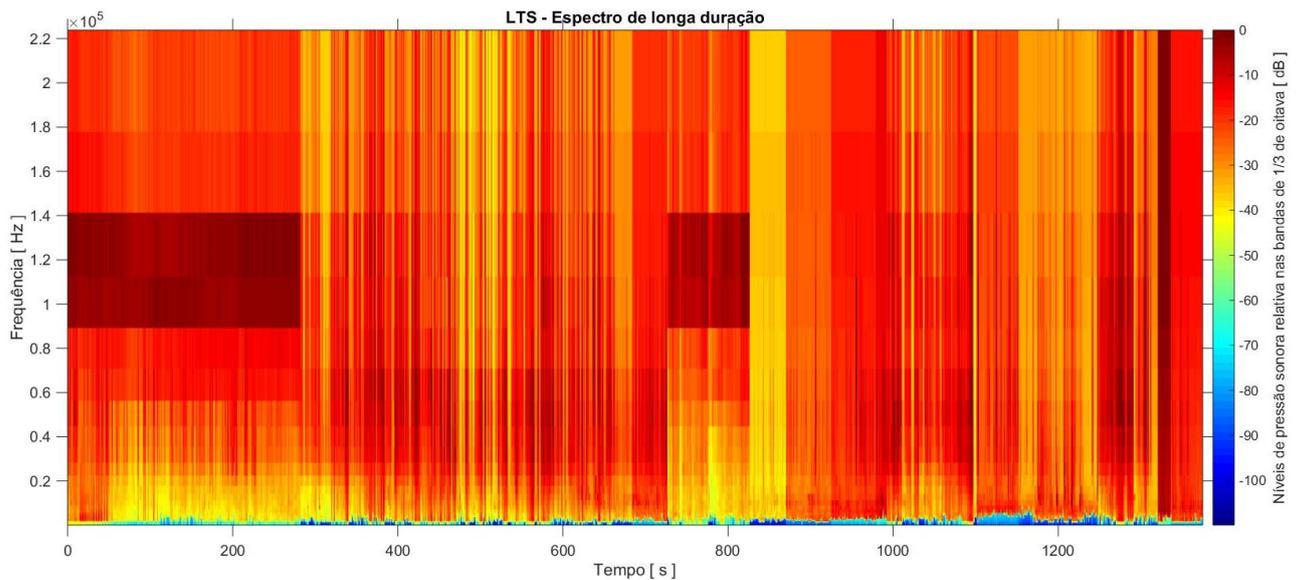
*T. truncatus* apresentou um nicho acústico com largura de banda de frequência de 195,5 kHz, variando entre uma frequência mínima de 4,0 kHz e uma frequência máxima de 199,5 kHz (Fig. 13, 14). Ao observar os histogramas gerados, percebe-se que as frequências do pico de energia dos assobios variaram consideravelmente entre uma ampla faixa de frequência, concentrando mais de 50% dos dados em três principais bandas (Fig. 15). Já em relação a FP dos sons pulsados, os histogramas e gráficos apresentam a concentração da energia em dois principais picos, 50,1 e 125,9 kHz, com baixa variação entre outras bandas de frequência.

Figura 13 - Distribuição de energia do nicho acústico de *T. truncatus*.



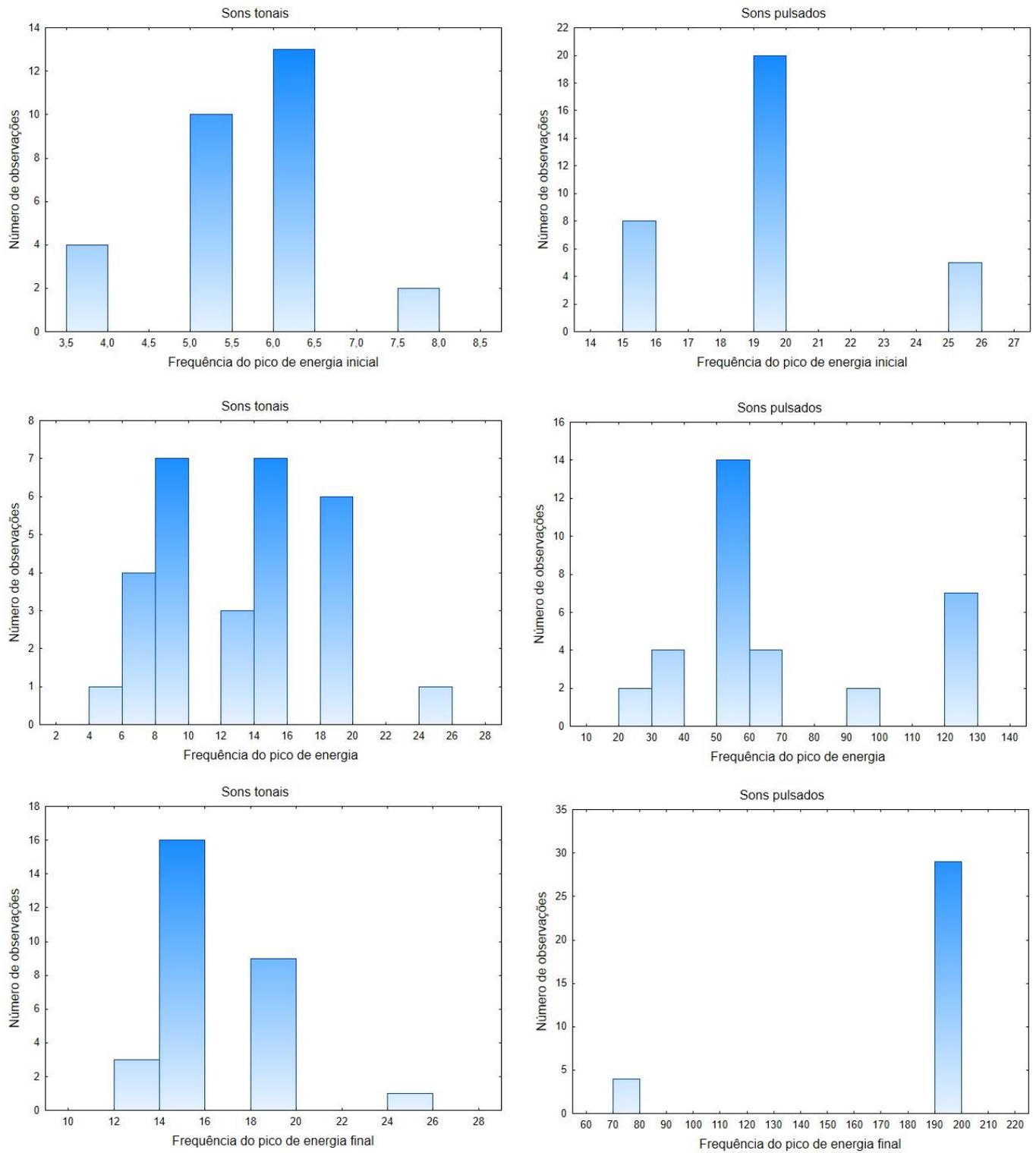
Legenda: Distribuição de energia da frequência do pico de energia inicial, da frequência do pico de energia e da frequência do pico de energia final, dos sons tonais e pulsados de *T. truncatus*. O eixo X representa os arquivos de gravações e o Y a frequência em kHz. As representações das cores estão indicadas na legenda do gráfico. Gravações com taxa de amostragem de 192 e 500 kHz.

Figura 14 - LTS das gravações de *T. truncatus* demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.



Legenda: O eixo X representa o tempo em segundos, o Y a frequência em kHz e a escala de cores demonstra os níveis de pressão sonora relativa nas bandas de um terço de oitava em decibéis. Taxa de amostragem de 500 kHz.

Figura 15 - Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons tonais e pulsados de *Tursiops truncatus*.

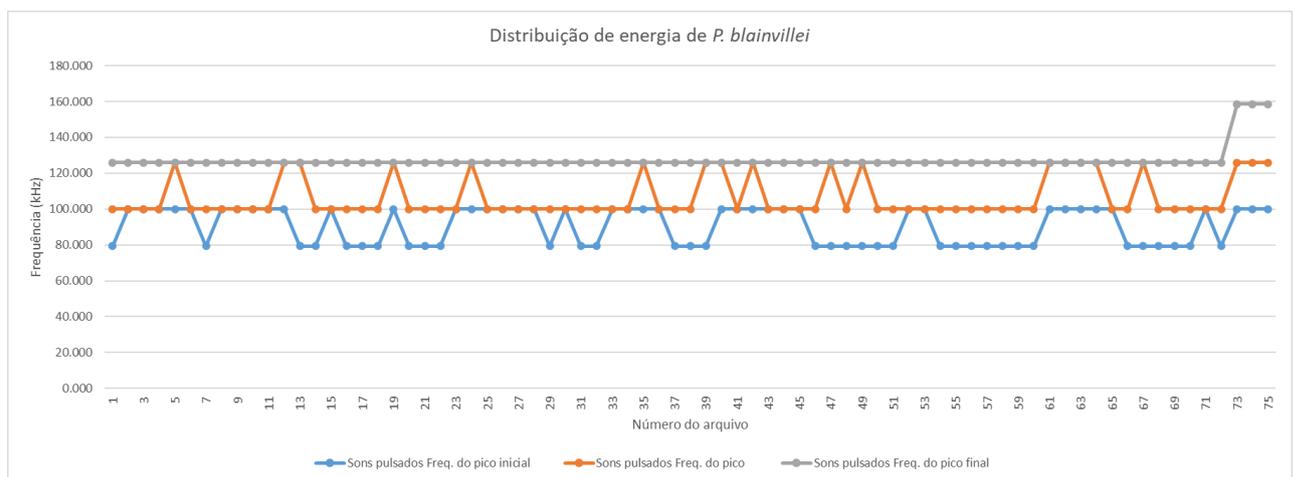


### 3.1.5 Nicho acústico de *Pontoporia blainvillei*

A FPI mais utilizada para iniciar a energia dos sons pulsados de *P. blainvillei* foi 100,0 kHz, mas variou entre 79,4 kHz a 100,0 kHz. A espécie também utilizou a banda de frequência de 100,0 kHz majoritariamente para concentrar a energia de pico, que variou entre 100,0 kHz e 125,9 kHz. A FPF variou entre 125,9 kHz e 158,5 kHz, sendo a banda de 125,9 kHz a utilizada na maioria das gravações por ser a última banda de um terço de oitava disponível para a taxa de amostragem de 288 kHz, que foi a utilizada na maioria dos arquivos.

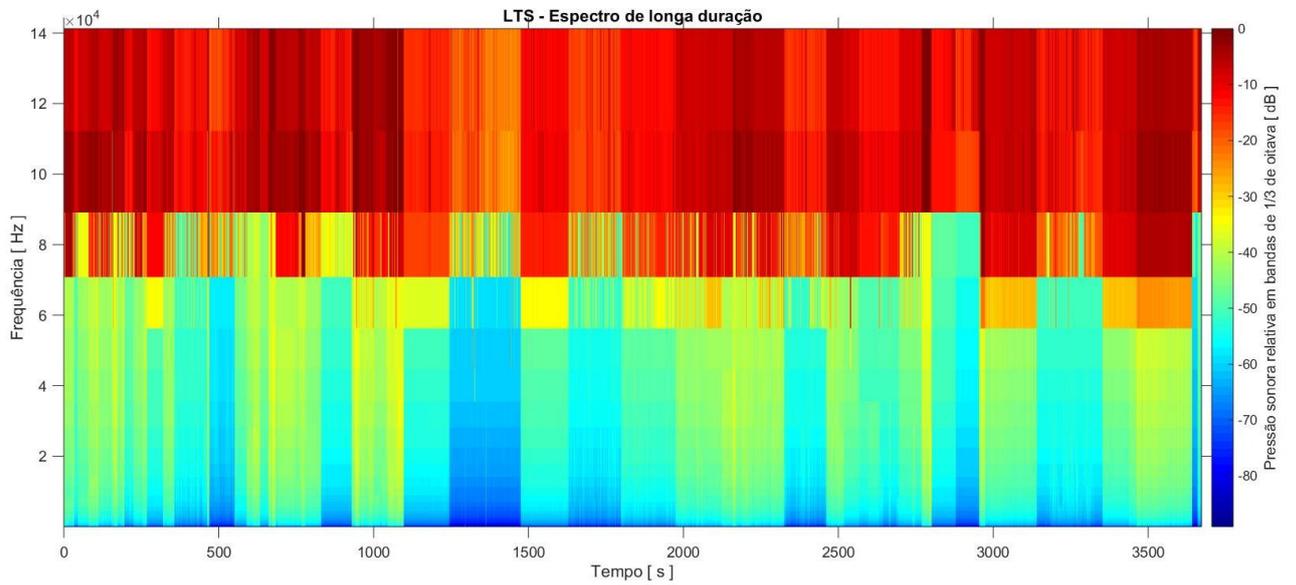
O nicho acústico de *P. blainvillei* é composto apenas por sons pulsados, portanto a largura de banda de frequência da distribuição de energia de todo o nicho acústico foi de 79,1 kHz, com frequência mínima de 79,4 kHz e frequência máxima de 158,5 kHz (Fig. 16, 17). Ao observar os histogramas é possível perceber que todas as medidas de frequência variaram entre duas principais bandas devido a largura estreita do nicho acústico da espécie (Fig. 18). O pico de energia dos sons de *P. blainvillei* variou em algumas ocasiões, mas se manteve constante na maioria das gravações.

Figura 16 - Distribuição de energia do nicho acústico de *P. blainvillei*.



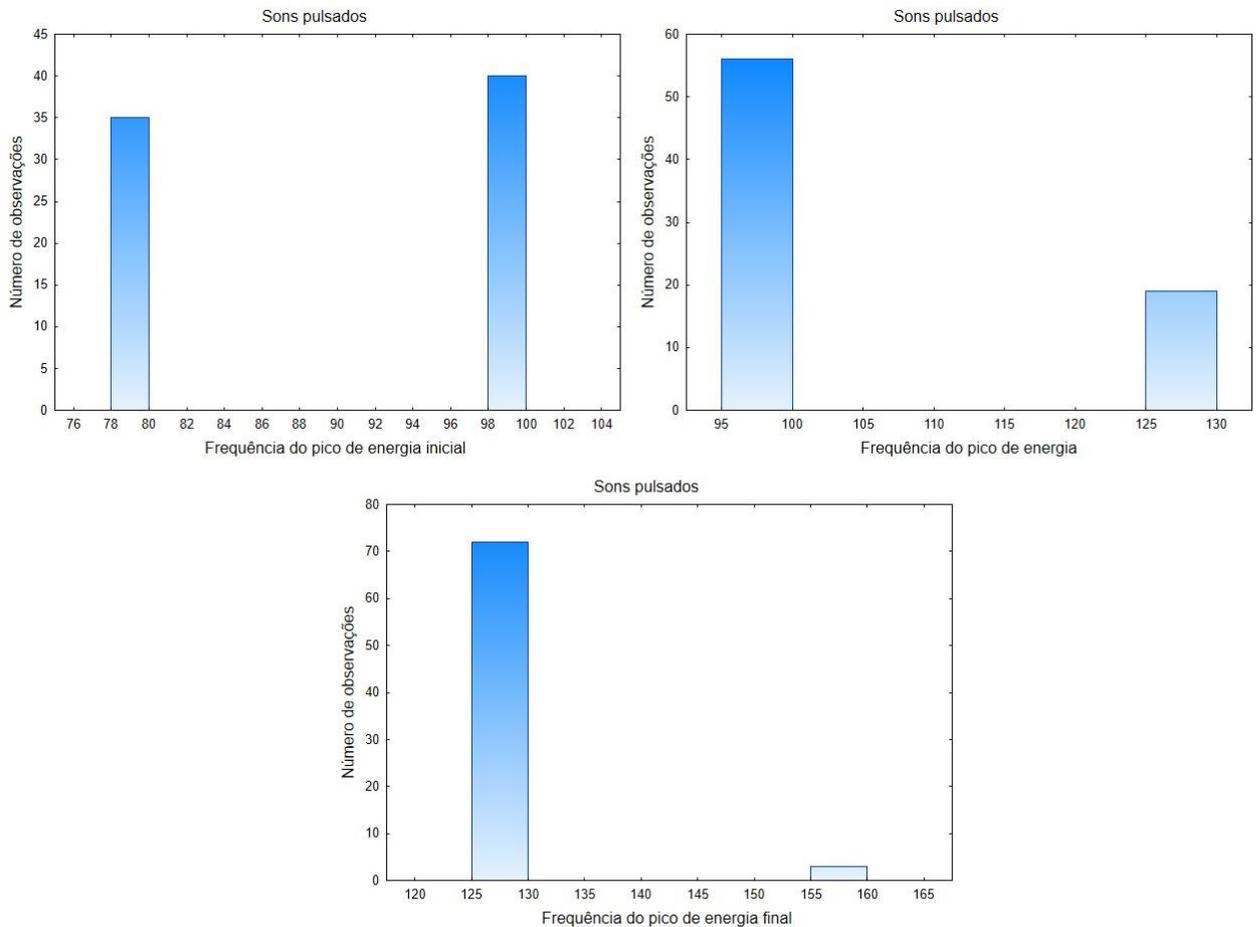
Legenda: Distribuição de energia da frequência do pico de energia inicial, da frequência do pico de energia e da frequência do pico de energia final, dos sons pulsados de *P. blainvillei*. O eixo X representa os arquivos de gravações e o Y a frequência em kHz. As representações das cores estão indicadas na legenda do gráfico. Gravações com taxa de amostragem de 288 e 500 kHz.

Figura 17 - LTS das gravações de *P. blainvillei* demonstrando a variação da distribuição de energia ao longo das bandas de frequência.



Legenda: O eixo X representa o tempo em segundos, o Y a frequência em kHz e a escala de cores demonstra os níveis de pressão sonora relativa nas bandas de um terço de oitava em decibéis. Taxa de amostragem de 288 kHz.

Figura 18 - Histogramas com a distribuição dos picos de energia ao longo das bandas de frequência de sons pulsados de *Pontoporia blainvillei*.



### 3.2 Comparação do nicho acústico das espécies

#### 3.2.1 Sons tonais dos delfinídeos

Ao observar os gráficos box-plot é possível comparar a utilização do nicho acústico de cada espécie para distribuir a energia de seus assobios (Fig. 19). Os sons tonais de *S. frontalis* apresentaram uma concentração de energia em uma largura de banda de frequência de 29,1 kHz, que foi a maior entre as espécies de delfinídeos, enquanto os assobios de *S. bredanensis* tiveram a menor largura de banda de frequência medindo 10,6 kHz. *S. bredanensis* também foi notável por apresentar uma maior constância da frequência do pico

de energia dos sons tonais, se comparada a outras espécies, enquanto *S. frontalis* apresentou a maior variação no seu pico.

A análise de sobreposição com 95% da região de nicho indicou que *T. truncatus* teve as maiores probabilidades de sobreposição de distribuição de energia dos assobios com *S. frontalis* (96,4%). Em paralelo *S. guianensis* apresentou a segunda maior probabilidade também com *S. frontalis* (95,2%) (Fig. 20). *S. frontalis* também demonstrou uma elevada sobreposição (>60%) com *S. guianensis* (78,9%) e *T. truncatus* (66,1%), apesar de ser menor do que a encontrada pelas outras espécies (Tabela 3). Todas as espécies apresentaram sobreposição não significativa (<60%) com a distribuição de energia dos sons tonais de *S. bredanensis*, especialmente *S. guianensis* (1,29%), que apresentou o menor valor de sobreposição entre todas as espécies. A análise de sobreposição também indicou que *S. bredanensis* apresentou uma baixa sobreposição com todas as demais espécies, sendo *S. frontalis* a espécie com a maior probabilidade de sobreposição (53,9%) e *S. guianensis* com a menor (2,60%).

Para a análise de sobreposição com 40% da região de nicho, todas as espécies apresentaram probabilidades de sobreposição não significativa de distribuição de energia dos sons tonais (<60%) (Fig. 20) (Tabela 4). *S. guianensis* apresentou a maior probabilidade de sobreposição com *S. frontalis* (45,4%), enquanto *T. truncatus* apresentou a segunda maior, também com a mesma espécie (40,3%). Em comparação, *S. frontalis* teve probabilidades de sobreposição bem menores tanto com *S. guianensis* (24,9%) quanto com *T. truncatus* (18,3%). A espécie com as menores probabilidades de sobreposição da distribuição de energia de seus assobios foi *S. bredanensis*, com menos de 1% de sobreposição com *S. frontalis* (0,79%), *T. truncatus* (0,13%) e *S. guianensis* (0,03%).

A análise de cluster apresentou resultados similares aos encontrados com a análise de sobreposição de nicho. Foi encontrada uma grande proximidade entre os sons tonais de *S. frontalis* e *S. guianensis*, os quais também tiveram intensa sobreposição com 95 e 40% da região do nicho. Em conformidade, *S. bredanensis* exibiu as maiores diferenças nos valores de seus assobios com as outras espécies, corroborando a baixa sobreposição apresentada anteriormente (Fig. 23).

Figura 19 - Comparação da distribuição de energia dos sons tonais de *Steno bredanensis* (SB), *Stenella frontalis* (SF), *Sotalia guianensis* (SG) e *Tursiops truncatus* (TT), representados pelas variáveis de frequência: frequência do pico de energia inicial (FPI), frequência do pico de energia (FP) e frequência do pico de energia final (FPF).

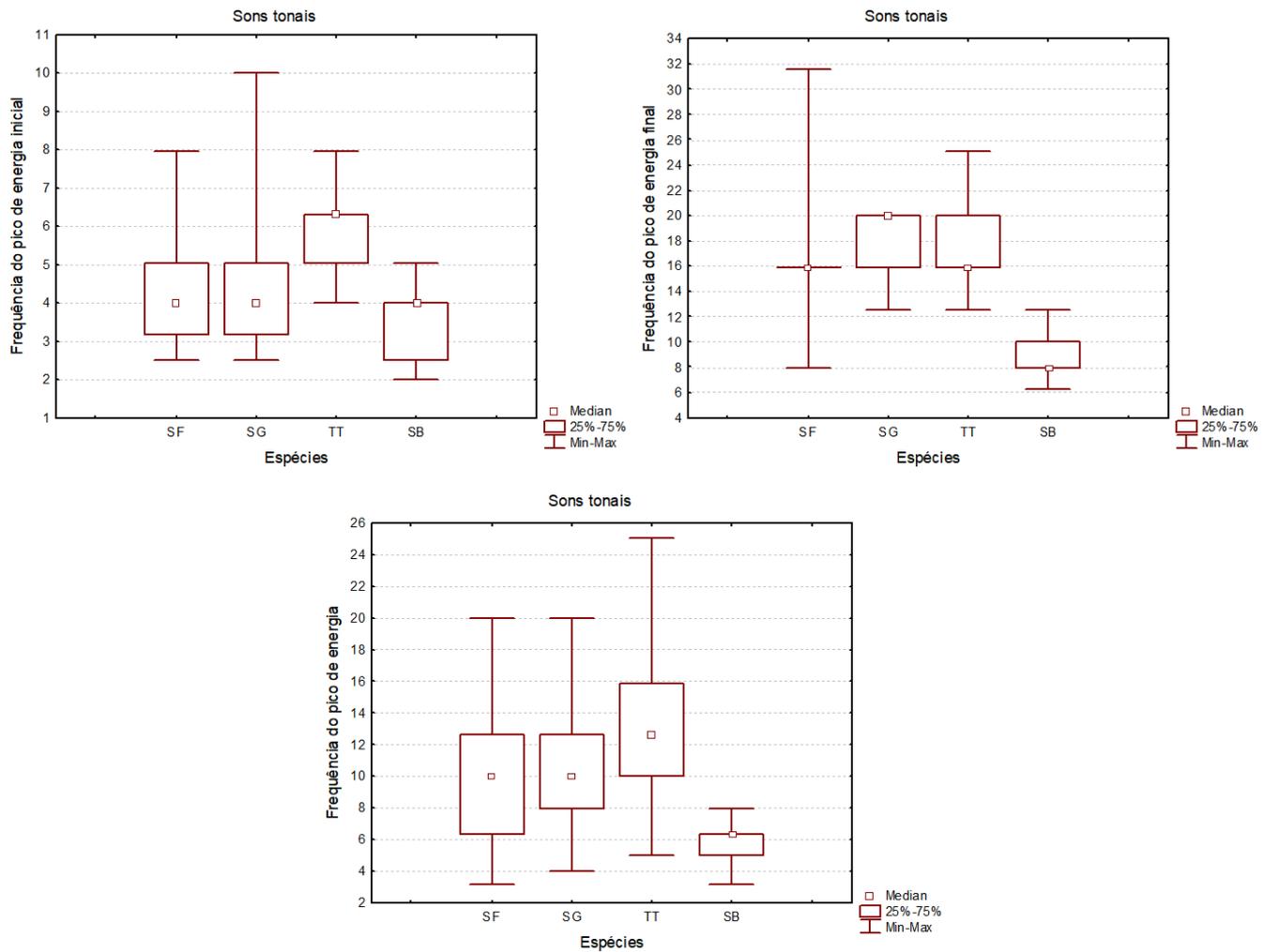
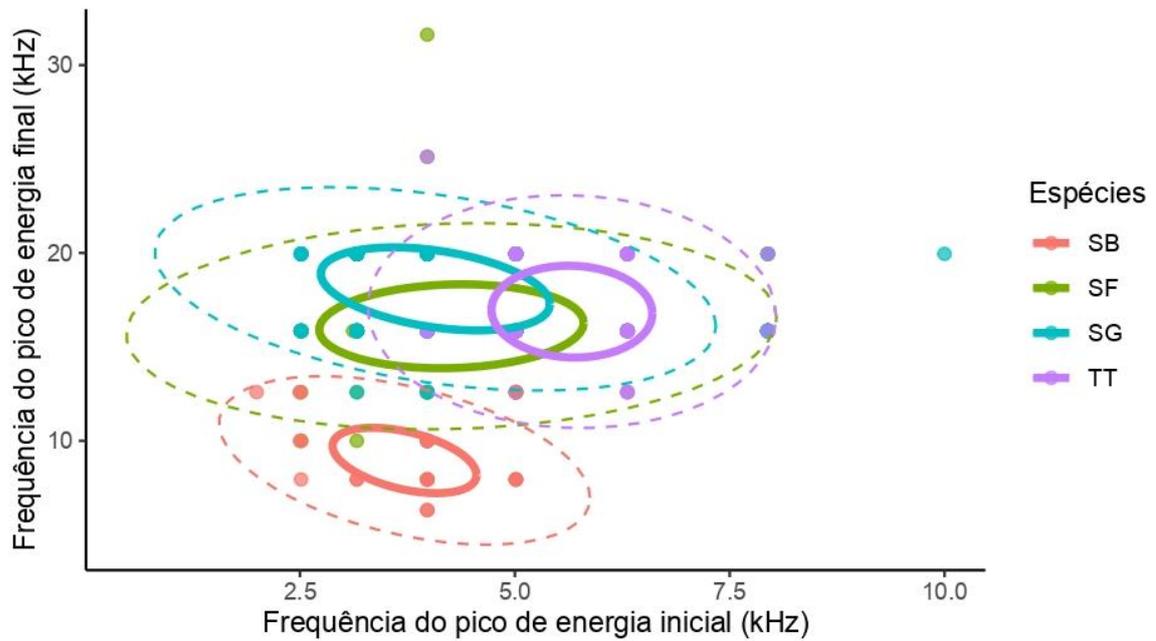


Figura 20- Larguras de banda de frequência de distribuição de energia dos sons tonais de quatro espécies de delfínídeos: *Tursiops truncatus* (TT), *Steno bredanensis* (SB), *Sotalia guianensis* (SG) e *Stenella frontalis* (SF).



Legenda: A área das elipses padrão com 40% dos dados foram representadas pelas linhas sólidas em negrito e com 95% dos dados representados pelas linhas pontilhadas para *Steno bredanensis* (SB), *Stenella frontalis* (SF), *Sotalia guianensis* (SG) e *Tursiops truncatus* (TT) da Baía de Ilha Grande. O eixo X representa a frequência do pico de energia inicial e o eixo Y a frequência do pico de energia final, ambos os eixos em kHz.

Tabela 4 - Média posterior ( $\alpha = 0,95$ ) e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposição de distribuição de energia dos sons tonais (%) entre cada par de espécies de cetáceos da Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil.

		<b>Espécies B</b>			
		<i>S. guianensis</i>	<i>S. frontalis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>T. truncatus</i>
<b>Espécies A</b>	<i>S. guianensis</i>	-	96,21% (91-99)	1,29% (0-5)	71,90% (55-88)
	<i>S. frontalis</i>	78,87% (68-89)	-	10,50% (4-21)	66,08% (51-82)
	<i>S. bredanensis</i>	2,60% (0-10)	53,87% (26-84)	-	4,42% (0-24)
	<i>T. truncatus</i>	87,98% (75-96)	96,41% (88-100)	1,90% (0-8)	-

Tabela 5 - Média posterior ( $\alpha = 0,40$ ) e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposição de distribuição de energia dos sons tonais (%) entre cada par de espécies de cetáceos da Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil.

		<b>Espécies B</b>			
		<i>S. guianensis</i>	<i>S. frontalis</i>	<i>S. bredanensis</i>	<i>T. truncatus</i>
<b>Espécies A</b>	<i>S. guianensis</i>	-	45,44% (35-57)	0,03% (0-0)	23,31% (15-34)
	<i>S. frontalis</i>	24,93% (19-32)	-	1,25% (0-3)	18,34% (12-27)
	<i>S. bredanensis</i>	0,02% (0-0)	0,79% (0-4)	-	0,01% (0-0)
	<i>T. truncatus</i>	26,78% (16-40)	40,25% (24-58)	0,13 (0-1)	-

### 3.2.2 Sons pulsados dos odontocetos

A energia acústica dos sons pulsados de *S. frontalis* foi concentrada em uma largura de banda de frequência de 189,5 kHz, que foi a maior entre todas as espécies de odontocetos. Em contrapartida, *S. bredanensis* teve a largura de banda de frequência mais estreita de sons pulsados, medindo um total de 71,5 kHz, refletindo uma influência da taxa de amostragem de 192 kHz presente em todas as gravações da espécie, subestimando o nicho acústico de *S. bredanensis* e impossibilitando assim a comparação com outras espécies. Sendo assim, é possível inferir que a espécie que apresentou a menor largura de banda real foi *P. blainvillei*, com uma faixa de frequência de 79,1 kHz. Esses resultados estão expressos visualmente nos gráficos de comparação box-plot, que ilustram a utilização do nicho acústico de cada espécie para distribuir a energia de seus cliques de ecolocalização e sons pulsantes (Fig. 21). A frequência do pico de energia dos sons pulsados de *P. blainvillei* foi a mais estável dentro o repertório acústico das demais espécies, em contrapartida *T. truncatus* apresentou a maior variação no pico de energia.

A análise da probabilidade de sobreposição da distribuição de energia e concentração do pico dos sons pulsados com 95% da região de nicho indicou que *S. guianensis* apresentou a maior sobreposição com *S. frontalis* (79,18%) dentre todas as espécies (Fig. 22) (Tabela 5). Em paralelo, a espécie com a segunda maior probabilidade de sobreposição foi *S. frontalis* com *S. guianensis* (68,54%). A segunda espécie na qual *S. guianensis* e *S. frontalis* possuíram as maiores sobreposições foi *T. truncatus*, com 57,37% e 55,09%, respectivamente, apesar de não serem considerados valores elevados (>60%). Em contrapartida, *T. truncatus* apresentou baixa sobreposição de sua distribuição de energia (<60%) com todas as demais espécies, especialmente com *P. blainvillei* (0,07%). Adicionalmente, a análise de sobreposição também indicou que *P. blainvillei* teve os menores valores de sobreposição com todas as espécies, tendo a maior probabilidade com *S. frontalis* (1,30%) e nenhuma sobreposição com *S. guianensis* (0,00%). Ademais, todas as espécies de odontocetos tiveram uma baixa probabilidade de sobreposição com *P. blainvillei*, apresentando valores abaixo de 1% e, no caso de *S. guianensis*, igual a 0.

A análise de sobreposição com 40% da região de nicho revelou que todas as espécies tiveram baixa probabilidade de sobreposição (<60%) da largura de banda de frequência para distribuição de energia de seus sons pulsados e concentração do pico de energia (Fig. 22) (Tabela 6). *S. guianensis* exibiu a maior sobreposição com *S. frontalis* (35,69%), com o maior

valor entre todas as espécies. Adicionalmente, *S. frontalis* teve a segunda maior probabilidade de sobreposição da distribuição de energia, também com *S. guianensis* (27,29%). A análise também indicou que *T. truncatus* teve valores de sobreposição menores do que 3% com todas as espécies, indicando uma maior probabilidade com *S. guianensis* (2,08%) e menor com *P. blainvillei* (0,01%). Além disso, todas as espécies apresentaram sobreposições abaixo de 1% com *P. blainvillei*, ou nenhuma, como no caso de *S. guianensis* (0,00%). Paralelamente, *P. blainvillei* não apresentou probabilidade de sobreposição com nenhuma das demais espécies de odontocetos (0,00%).

Os resultados referentes à análise de cluster apontaram conformidade com os demonstrados para sobreposição de nicho dos sons pulsados, apresentando grande similaridade entre os sons de *S. guianensis* e *S. frontalis*, as quais também obtiveram os maiores valores de sobreposição. *T. truncatus* exibiu uma maior diferenciação de seus sinais em comparação com as duas espécies de delfínídeos, porém, dentre todos os odontocetos, foi *P. blainvillei* que apresentou a maior separação (Fig. 23).

Figura 21 - Comparação da distribuição de energia dos sons pulsados de *Steno bredanensis* (SB), *Stenella frontalis* (SF), *Sotalia guianensis* (SG), *Tursiops truncatus* (TT) e *Pontoporia blainvillei* (PB), representados pelas variáveis de frequência: frequência do pico de energia inicial (FPI), frequência do pico de energia (FP) e frequência do pico de energia final (FPF).

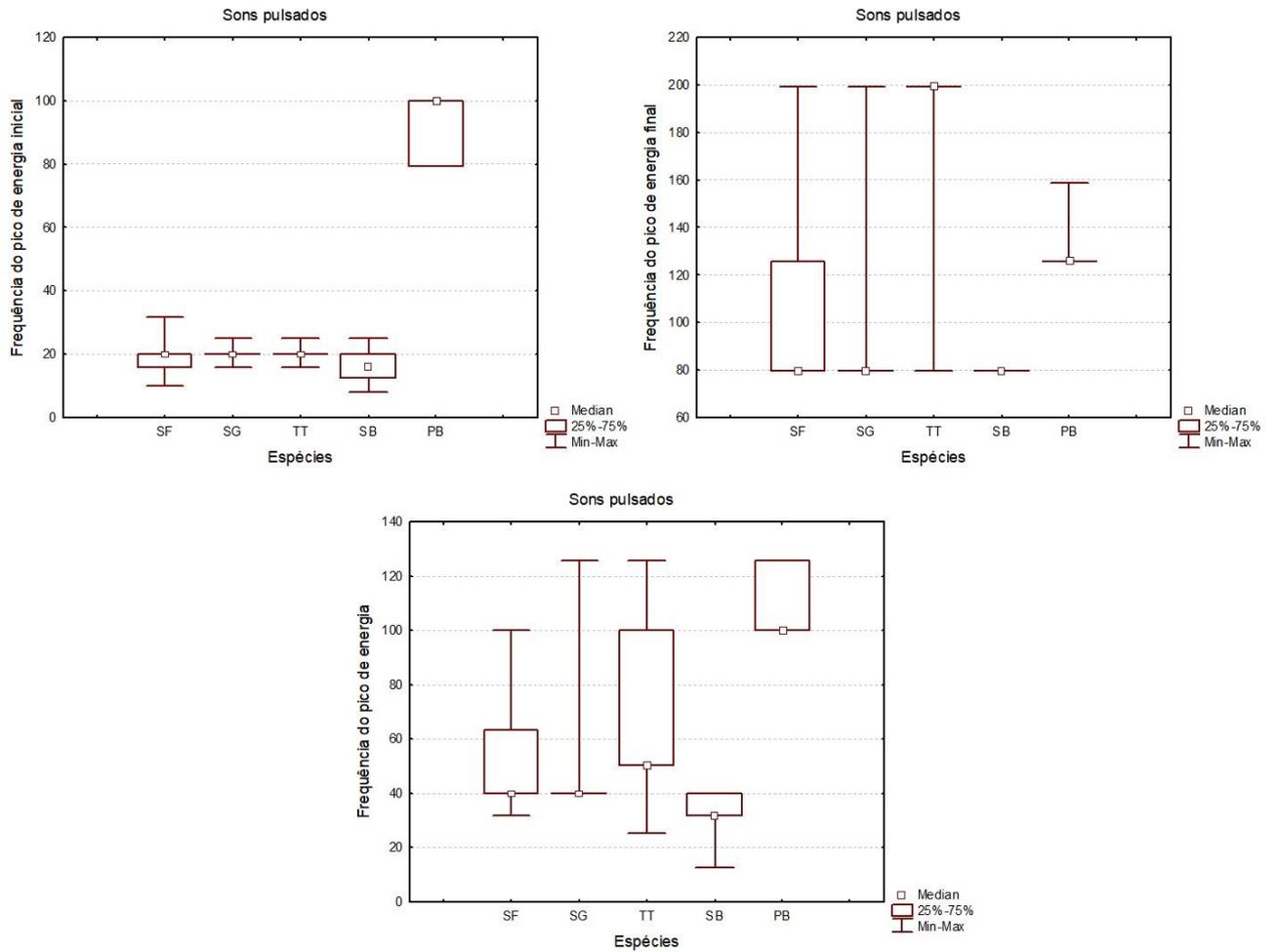
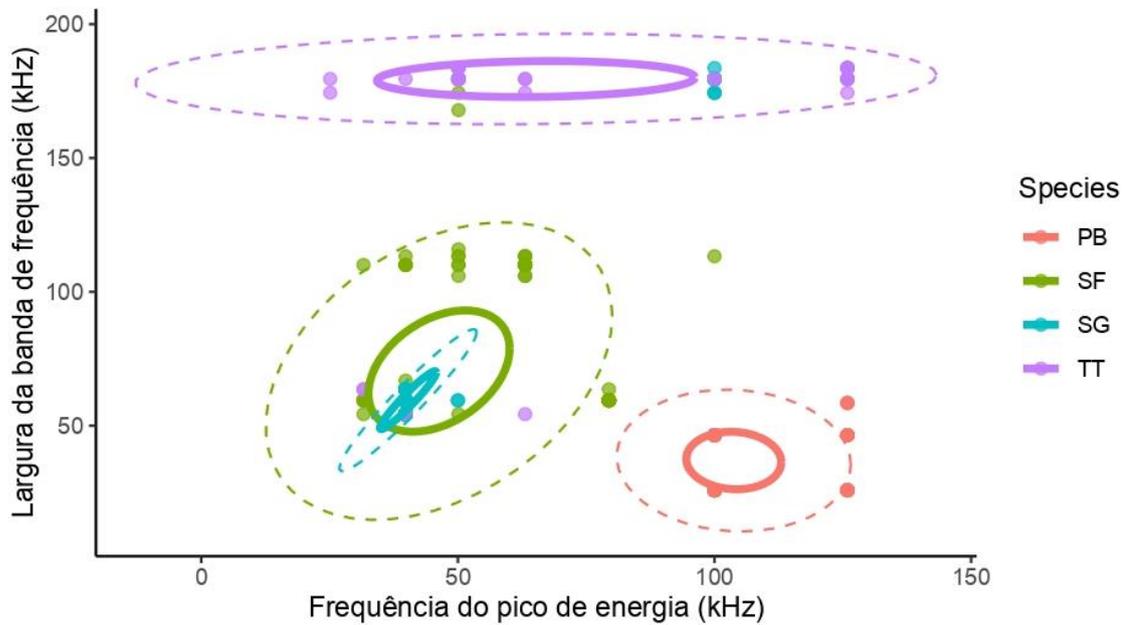


Figura 22 - Larguras de banda de frequência de distribuição de energia dos sons pulsados de quatro espécies de odontocetos: *Tursiops truncatus* (TT), *Sotalia guianensis* (SG), *Stenella frontalis* (SF) e *Pontoporia blainvillei* (PB).



Legenda: A área das elipses padrão com 40% dos dados foram representadas pelas linhas sólidas em negrito e com 95% dos dados representados pelas linhas pontilhadas para *Stenella frontalis* (SF), *Sotalia guianensis* (SG), *Tursiops truncatus* (TT) e *Pontoporia blainvillei* (PB) na Baía de Ilha Grande. O eixo X representa a frequência do pico de energia e o eixo Y a largura da banda de frequência, ambos os eixos em kHz.

Tabela 6 - Média posterior ( $\alpha = 0,95$ ) e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposição de distribuição de energia na largura de banda dos sons pulsados (%) entre cada par de espécies de cetáceos da Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil.

		<b>Espécies B</b>			
		<i>S. guianensis</i>	<i>S. frontalis</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>P. blainvillei</i>
<b>Espécies A</b>	<i>S. guianensis</i>	-	79,18% (70-88)	57,37% (37-85)	0,00% (0-0)
	<i>S. frontalis</i>	68,54% (59-78)	-	55,09% (25-91)	0,42% (0-1)
	<i>T. truncatus</i>	20,24% (13-30)	17,25% (8-29)	-	0,07% (0-0)
	<i>P. blainvillei</i>	0,00% (0-0)	1,30% (0-5)	0,42% (0-3)	-

Tabela 7 - Média posterior ( $\alpha = 0,40$ ) e intervalos de credibilidade de 95% para sobreposição de distribuição de energia na largura de banda dos sons pulsados (%) entre cada par de espécies de cetáceos da Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil.

		<b>Espécies B</b>			
		<i>S. guianensis</i>	<i>S. frontalis</i>	<i>T. truncatus</i>	<i>P. blainvillei</i>
<b>Espécies A</b>	<i>S. guianensis</i>	-	35,69% (29-44)	9,58% (2-23)	0,00% (0-0)
	<i>S. frontalis</i>	27,29% (21-33)	-	3,41% (0-11)	0,01% (0-0)
	<i>T. truncatus</i>	2,08% (0-4)	1,80% (0-4)	-	0,01% (0-0)
	<i>P. blainvillei</i>	0,00% (0-0)	0,00% (0-0)	0,00% (0-0)	-

Figura 23 – Análise de cluster baseada nas médias dos valores de frequência dos sons tonais de: *Stenella frontalis*, *Sotalia guianensis*, *Tursiops truncatus* e *Steno bredanensis*.

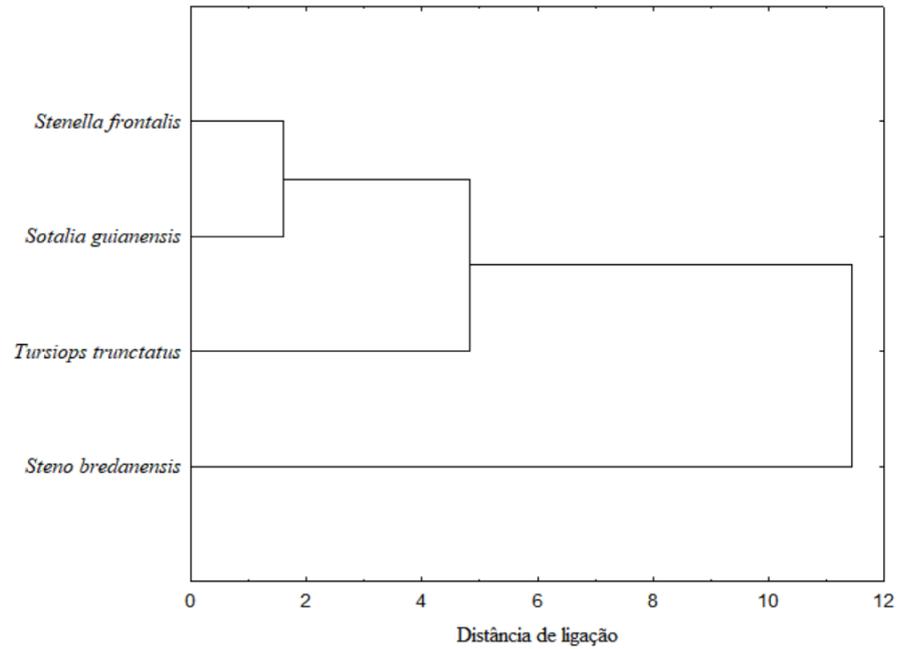
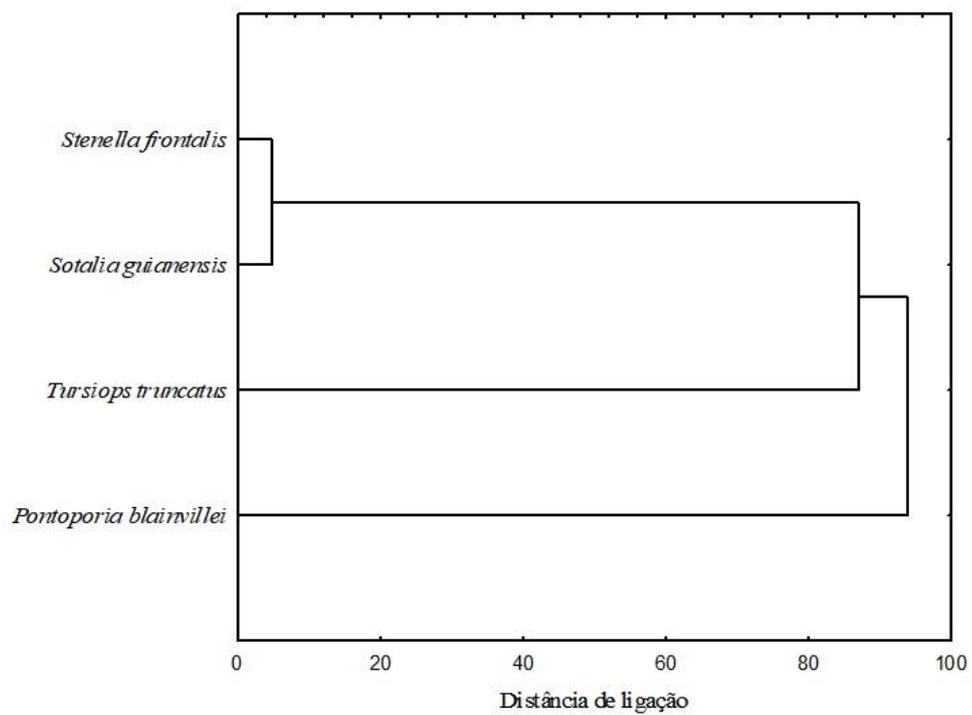


Figura 24 - Análise de cluster baseada nas médias dos valores de frequência dos sons pulsados de: *Stenella frontalis*, *Sotalia guianensis*, *Tursiops truncatus* e *Pontoporia blainvillei*.



## 4. DISCUSSÃO

A caracterização e a comparação interespecífica do nicho acústico de *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *Pontoporia blainvillei* realizada neste estudo indica algumas características únicas de cada espécie, evidenciando as diferentes formas da utilização do espaço acústico por cada uma. Além disso, variações nas sobreposições entre as larguras de bandas de frequências e os picos de energia para distribuição e concentração da energia acústica dos sons das espécies foram observadas, mostrando diferenças e sobreposições de nicho acústico desses diferentes odontocetos.

### 4.1 O nicho acústico de cinco espécies de cetáceos

No presente estudo foi possível observar que a energia dos sons tonais emitidos pelas quatro espécies de delfínídeos foi distribuída ao longo de uma ampla banda de frequência (2,0 a 31,6 kHz), com variações e sobreposições entre essas espécies. Embora *S. frontalis* tenha apresentado a maior largura de banda de frequência para concentrar a energia acústica de seus assobios, estudos anteriores descreveram uma menor faixa de frequência desta espécie na Baía da Ilha Grande (Tabela 7) (AZEVEDO et al., 2010; LIMA et al., 2016; BITTENCOURT et al., 2020b). A energia vocal encontrada nas altas frequências pode ser oriunda dos harmônicos, os quais podem apresentar 43,8% da energia total dos assobios de *S. frontalis* (LAMMERS et al., 2003). Essas altas frequências ocupadas pelos harmônicos de *S. frontalis* na Baía da Ilha Grande indicam o quão fundamental é esse espaço acústico para comunicação e coesão de grupo dessa espécie, dadas às funções dos harmônicos para comunicação em delfínídeos (MILLER, 2002; LAMMERS; AU, 2003).

Apesar da distribuição de energia de *S. guianensis* estar concentrada em uma faixa mais estreita entre 2,5 e 20 kHz, os assobios desta espécie ultrapassam a frequência fundamental dos de *S. frontalis*, atingindo frequências ultrassônicas que ultrapassam 80 kHz na Baía da Ilha Grande (ANDRADE et al., 2014b; BARBOSA et al., 2019) (Tabela 7). É possível que *S. guianensis* esteja concentrando a energia acústica de seus assobios em bandas de frequência mais baixas do que a faixa de frequência fundamental que utiliza para vocalizar,

como uma estratégia de comunicação, caso já observado na população da Baía de Guanabara (BITTENCOURT et al., 2017). Isso sugere que esse pode ser um comportamento acústico típico da espécie e não apenas uma estratégia da população da Baía da Ilha Grande para lidar com a partição do seu nicho acústico.

Os assobios de *S. bredanensis* apresentaram a largura de banda de frequência mais estreita dentre as espécies, o que corrobora com estudos anteriores de parâmetros de frequência na costa do Rio de Janeiro que reportam os assobios variando entre 1,6 e 14,2 kHz (LIMA et al., 2012; LIMA et al., 2016). A espécie distribuiu sua energia ao longo dessas bandas, havendo um deslocamento na concentração de energia para as frequências mais baixas (Tabela 7). Além disso, a faixa de frequência utilizada pelas populações analisadas neste estudo também se assemelha a de outras populações ao redor do globo, como as do mar Mediterrâneo, do nordeste do Oceano Atlântico e do Oceano Pacífico central, que vocalizam entre 2 e 14 kHz (WATKINS et al., 1987; NORRIS; EVANS, 1967; BUSNEL; DZIEDZIC, 1966). Isso pode indicar que as estratégias vocais utilizadas pelos indivíduos deste estudo refletem no repertório acústico de toda a espécie e não apenas da população analisada.

A distribuição de energia dos assobios emitidos por *T. truncatus* consistiu em uma largura de banda de frequência semelhante à faixa de frequência fundamental registrada na costa da cidade do Rio de Janeiro, que varia de 3,7 a 33,1 kHz (LIMA et al., 2016), destacando o fato de que a espécie distribuiu sua energia por quase todas as bandas de frequência que vocaliza (Tabela 7). Esta parece ser uma característica acústica apresentada pelos indivíduos de *T. truncatus* que habitam as águas do estado do Rio de Janeiro, já que em outras regiões da América do Sul a espécie emite seus sinais sonoros em faixas de frequência mais baixas, podendo ser um reflexo de diferenças intra ou interespecíficas (AZEVEDO et al., 2007; LIMA et al., 2020). De maneira geral, a espécie possui um repertório bem vasto e diversificado ao redor do globo, apresentando faixas de frequências semelhantes à encontrada neste estudo no Oceano Atlântico Central, variando de 1,6 a 23,6 kHz no Panamá e de 1,6 a 28,9 kHz na Costa Rica (MAY-COLLADO & WARTZOK, 2008).

Os sons pulsados dos odontocetos tiveram uma grande largura de banda de frequência para a distribuição de energia se comparado aos sons tonais (de 7,9 a 199,5 kHz), devido às propriedades espectrais dos cliques de ecolocalização e dos sons pulsantes (AU, 1993). Adicionalmente, as espécies apresentaram características distintas da distribuição de energia desses sons, variando em relação à largura de banda como um todo e à concentração do pico de energia.

A energia acústica dos cliques e sons pulsantes de *S. bredanensis* foi distribuída na largura de banda mais estreita dentre todas as espécies de odontocetos, resultado que não corrobora com estudos anteriores que descrevem os parâmetros de frequência dos sons pulsados da espécie. Apesar de escassos, alguns estudos com uma taxa de amostragem superior a utilizada no presente trabalho já reportaram os cliques de ecolocalização dessa espécie alcançando frequências de 120 kHz no Norte do Oceano Atlântico (GOTZ et al., 2005) e até mesmo ultrapassando 200 kHz no Oceano Pacífico Central (NORRIS; EVANS, 1967). Dessa forma, é possível inferir que a largura de banda de frequência dos sons pulsados pode ter sido influenciada pela taxa de amostragem, visto que a única espécie que teve todas as suas gravações com a taxa de amostragem de 192 kHz foi aquela com a largura de banda mais estreita, o que pode não refletir o nicho acústico completo de *S. bredanensis*.

Em relação aos sons pulsantes da espécie, a caracterização dos parâmetros acústicos de “pacotes de cliques” de *S. bredanensis* já foi realizada, evidenciando uma alta frequência dos picos de energia, os quais apresentaram uma média de 26 kHz no Oceano Pacífico Central e Oriental (RANKIN et al., 2015) e variaram entre 7,0 e 64,7 kHz no Sul do Oceano Atlântico (LIMA et al., 2020), indicando a utilização de uma faixa de frequência mais larga para concentrar o pico de energia da espécie em comparação a encontrada neste estudo.

Levando em consideração que *S. bredanensis* foi a espécie com a menor largura de banda por conta da baixa taxa de amostragem de suas gravações, é possível que *P. blainvillei* seja a espécie que ocupa a menor faixa de frequência real para emissão de seus sons pulsados em comparação com os demais odontocetos. Estudos de sons pulsados de *P. blainvillei* destacam a presença de cliques estereotipados de alta frequência de banda estreita (NBHF), que alcançam frequências ultrassônicas maiores que 100 kHz (VON FERSEN et al., 1997). Essa característica do sinal implica na utilização de um sistema de gravação com alta taxa de amostragem para a caracterização completa do som, porém, muitos estudos que visam essa caracterização não dispõem desses equipamentos, limitando assim a análise dos cliques de ecolocalização e dos sons pulsantes da espécie (TELLECHEA; NORBIS, 2014; TELLECHEA et al., 2016; CREMER et al., 2017).

No entanto, alguns estudos obtiveram sucesso em caracterizar os sinais de *P. blainvillei*, tanto em cativeiro (VON FERSEN et al., 1997) quanto em ambiente natural (MELCÓN et al., 2012; BARCELLOS; SANTOS, 2021; PAITACH et al., 2021). Von Fersen et al. (1997) demonstrou que a frequência predominante dos cliques emitidos por indivíduos em cativeiro foi de 130 kHz, já para animais em vida livre, Melcón et al. (2012) determinou a média do pico de frequência em 139 kHz e Barcellos e Santos (2021) em 104 kHz para

cliques de ecolocalização e 99 kHz para sons pulsantes. Estas frequências se inserem nas bandas utilizadas para concentrar o pico de energia dos sons pulsados da espécie no presente estudo, que variam de 100 a 125,9 kHz. Além disso, diferenças entre os sons de populações de habitats distintos já foram registradas, principalmente em relação à faixa de frequência utilizada, apresentando menores valores em mar aberto em comparação com estuário (PAITACH et al., 2021). Porém, uma adaptação vocal relacionada ao espaço acústico não foi levada em conta visto que a espécie já utiliza um nicho extremamente segregado de outras espécies presentes no ambiente (PAITACH et al., 2021).

Assim como no caso dos assobios, a espécie que apresentou a maior largura de banda de frequência de cliques e sons pulsantes dentre os odontocetos foi *S. frontalis*. A ocorrência de cliques de ecolocalização com espectros de frequência bimodais já foram reportados para essa espécie em alguns estudos (AU; HERZING, 1997; AU; HERZING, 2003), sugerindo a existência de dois picos de energia em bandas de frequência distintas, um em menores frequências (40 kHz - 50 kHz) e outro em mais altas frequências (110 kHz- 130 kHz) (AU; HERZING, 2003). Foi possível observar a presença de picos bimodais ao analisar gravações com a taxa de amostragem de 500 kHz, revelando picos de energia em frequências mais altas, porém, picos em frequências mais baixas foram predominantes. Em relação aos sons pulsantes de *S. frontalis*, estudos anteriores já descreveram o pico de energia em frequências ultrassônicas de 44,3 kHz, destacando o fato de que cerca de 80% da energia total dos sons pulsantes de *S. frontalis* está acima do limite audível de frequência (20 kHz) (LAMMERS; AU; HERZING, 2003). Isso corrobora com os resultados deste estudo, no qual a concentração do pico de energia dos sons pulsados variou entre as bandas de frequência de 31,6 kHz e 100 kHz.

As espécies *S. guianensis* e *T. truncatus* apresentaram a mesma largura de banda de frequência para distribuir a energia dos seus sons pulsados, que foi a segunda maior dentre todas as espécies. Poucos são os estudos que analisam os parâmetros de frequência dos cliques de ecolocalização e sons pulsados de *S. guianensis* (LEÃO et al., 2015; DECONTO et al., 2015; DECONTO; MONTEIRO-FILHO, 2017; ANDRADE et al., 2017; TANNUARE et al., 2020; BARBOSA et al., 2021) os quais, em sua maioria, utilizam uma baixa taxa de amostragem. Apesar disso, os cliques da espécie já foram caracterizados a partir da emissão por indivíduos em cativeiro (WIERSMA, 1982; KAMMINGA, 1988) e em vida livre (KAMMINGA et al., 1993), apresentando características similares em ambos os casos. Kamminga (1988) e Kamminga et al. (1993) relataram que *S. guianensis* produz dois picos de frequência em seus cliques de ecolocalização, sendo o de mais baixa frequência em 30 kHz e

o de mais alta frequência variando entre 80 e 95 kHz. Esses resultados vão de encontro com o apresentado para a frequência do pico de energia da espécie, que também apresentou dois principais componentes em bandas de frequências equivalentes, sendo eles 39,8 e 100 kHz, respectivamente. Os sons pulsados de *S. guianensis* são extremamente variados e apresentam características distintas que possibilitam a separação desses sons em categorias (BARBOSA et al., 2021). Esse tipo de emissão sonora já foi reportada e caracterizada em populações do Rio de Janeiro, demonstrando certa similaridade com a frequência do pico de energia encontrada em frequências mais baixas, apresentando uma média de 28 kHz (ANDRADE et al., 2017), a qual também se assemelha com o pico de frequência dos cliques da espécie.

Em contraste com o repertório acústico de *S. guianensis*, os sons pulsados de *T. truncatus* já foram muito bem explorados ao longo dos anos devido ao estudo contínuo desses animais em cativeiro (AU, 1993). Os primeiros estudos das emissões sonoras dessa espécie reportaram cliques de ecolocalização com espectros de frequência bimodais, contendo um componente em baixas frequências e outro em frequências superiores (KAMMINGA, 1988). Grande parte dos estudos realizados em ambiente controlado determinou o pico de frequência inferior variando entre 40 e 60 kHz, e o de frequência mais alta entre 100 e 130 kHz (AU et al., 1974; HOL; KAMMINGA, 1979; AU, 1980; KAMMINGA; WIERSMA, 1981; POCHÉ et al., 1982). A análise da concentração de energia demonstrou que o pico dos sons pulsados de *T. truncatus* também variaram entre duas principais bandas (50,1 e 125,9 kHz), que abrangem as frequências encontradas nos estudos apresentados, sendo a de baixa frequência predominante na maioria das gravações. Entretanto, em ambientes com maior nível de ruído, a espécie tende a concentrar a maior energia de seus sons nos picos de mais alta frequência, com o intuito de evitar a sobreposição acústica com os estalos dos camarões, por exemplo (AU et al., 1974), sugerindo uma plasticidade e adaptação sonora de acordo com o ambiente em que está inserido. Os sons pulsantes de *T. truncatus* vêm sendo explorados de diversas formas nos últimos anos. Alguns trabalhos já caracterizaram esses sinais de acordo com sua energia, frequência e duração, encontrando picos de frequência majoritariamente acima de 100 kHz, assim como picos secundários de menor frequência (entre 20 e 85 kHz) (BLOMQUIST; AMUNDIN, 2004). Além disso, picos terciários também já foram reportados em alguns casos (BUSCAINO et al., 2014), os quais não foram notáveis no presente estudo.

A amostragem de cada uma das espécies variou bastante devido à probabilidade de encontro com elas. As espécies mais gravadas foram aquelas que possuem residência ou fidelidade de sítio; e preferência pelo uso regular da Baía da Ilha Grande, como é o caso de *S. frontalis*, *S. guianensis* e *P. blainvillei* (RIBEIRO-CAMPOS et al., 2021; PEREIRA et al.,

2022; NEVES et al., 2023). Enquanto espécies como *S. bredanensis* e *T. truncatus* que apresentam uma área de forrageamento mais ampla e ocupam outras áreas além da Baía da Ilha Grande (LODI et al., 2008; CARVALHO et al., 2012; BISI et al., 2013), foram as espécies com o menor número de gravações.

A análise da distribuição de energia dos sons dos odontocetos demonstrou que as espécies *S. guianensis* e *S. frontalis* tiveram o nicho acústico mais largo entre todas as espécies de odontocetos, enquanto *S. bredanensis* teve o mais estreito, talvez devido à taxa de amostragem de suas gravações (192 kHz). Apesar disso, as vocalizações de *S. guianensis*, *S. frontalis* e *T. truncatus* excederam a maior frequência da taxa de amostragem em que foram registradas neste estudo (250 kHz), dificultando a determinação exata do final do nicho acústico destas espécies. Em contraste com as outras espécies de odontocetos, *P. blainvillei* foi a única que apresentou a frequência do pico de energia final abaixo da taxa de amostragem mais alta de suas gravações (500 kHz), possibilitando a caracterização do nicho de forma mais completa. Fortalecendo nosso resultado, artigos anteriores que utilizam a mesma taxa de amostragem do presente estudo, já demonstraram que a frequência máxima dos cliques de ecolocalização da espécie só ultrapassaram a frequência disponível de análise em raros casos em que o animal se encontrava muito perto do hidrofone (MÉLCON et al., 2012).

#### 4.2 O uso do ambiente acústico

A paisagem acústica da Baía da Ilha Grande é composta principalmente por sons de origem artificial e biológica. Em frequências abaixo de 2 kHz é possível perceber a presença do ruído intenso das embarcações, assim como os coros de peixes da região. Sinais sonoros emitidos por delfinídeos e estalos de camarões são encontrados acima da banda de 3 kHz (BITTENCOURT, 2020). A energia dos sons tonais dos delfinídeos do presente estudo se iniciou em 2 kHz e ocupou uma largura de banda de 29,6 kHz no espaço acústico da Baía da Ilha Grande. Enquanto isso, os sons pulsados das espécies estudadas ocuparam uma largura de banda total de 191,6 kHz, se iniciando na banda de 7,9 kHz. Sendo assim, o ambiente acústico da Baía da Ilha Grande dispõe de uma banda de frequência de 197,5 kHz dominada pelos sons tonais e pulsados dos cetáceos que habitam a região.

Em uma visão geral, cada espécie apresentou características específicas relacionados ao seu nicho acústico e a forma de concentrar e distribuir a energia de seus sons. Ao analisar o

gráfico da figura 20 é notável que *S. guianensis* e *S. frontalis* foram as espécies que mais variaram o seu pico de energia inicial, entre 2,5 e 10,0 kHz, e 2,5 e 7,9 kHz, respectivamente. Em contraste, o pico de energia final se manteve em uma faixa mais estreita, principalmente no caso de *S. guianensis* que variou de 12,6 a 20,0 kHz. *S. bredanensis* se destacou por possuir os menores valores de frequência de pico inicial e final, deslocando a sua energia acústica para frequências mais baixas (entre 2,0 e 12,6 kHz) que as utilizadas majoritariamente pelas outras espécies. As frequências mais altas de energia de pico inicial foram utilizadas principalmente por *T. truncatus* (variando entre 4,0 e 7,9 kHz), que também apresentou grande variação no seu pico de energia final, entre 12,6 e 25,1 kHz. Essas características demonstram que, apesar de apresentarem sobreposição de nicho, as espécies tendem a utilizar o espaço acústica de forma distinta.

*S. guianensis* foi a espécie que apresentou as maiores diferenças com a frequência fundamental de seus assobios descritos na literatura (Tabela 7), concentrando a energia de seu som em uma faixa mais estreita e em frequências mais baixas. Essa espécie é conhecida por emitir assobios majoritariamente ascendentes, de muito alta frequência e de curta duração (ANDRADE et al., 2014b; BARBOSA et al., 2019), dessa forma, essas características podem estar influenciando a disposição da energia acústica ao longo do som, iniciando com uma maior intensidade e se dissipando conforme o aumento da frequência. Em paralelo, o repertório acústico de *S. frontalis* também é composto, em sua maioria, por assobios ascendentes, porém, seus sinais possuem uma maior duração (AZEVEDO et al., 2010; BITTENCOURT et al., 2020). Sendo assim, é possível que, ao aumentar a duração do sinal, a energia do som tonal se distribua por todas as bandas da frequência fundamental, como ocorre na largura de banda de *S. frontalis* (Tabela 7).

Adicionalmente, a largura de banda utilizada por *T. truncatus* para distribuir a energia acústica de seus assobios se insere dentro da faixa de frequência fundamental em que a espécie vocaliza, apesar de não englobar a última banda de frequência descrita pela literatura (Tabela 7). Seu repertório acústico apresenta assobios majoritariamente múltiplos, com mais de um ponto de inflexão, e de longa duração (AZEVEDO et al., 2007; LIMA et al., 2020), se diferenciando dos sinais das outras espécies (LIMA et al., 2016). A frequência fundamental dos sons tonais de *S. bredanensis* se assemelham muito à sua faixa de distribuição de energia (Tabela 7). Em contraste com as demais espécies, *S. bredanensis* é conhecido por emitir assobios constantes e com pouca modulação de frequência (LIMA et al., 2012). Tal característica pode favorecer a distribuição de energia por todas as bandas de frequência fundamental utilizadas pela espécie.

Em relação aos sons pulsados, a forma de uso do ambiente acústico foi distinta entre as espécies apesar de haver uma grande sobreposição entre as larguras de banda. A partir de uma análise visual da figura 22 é possível perceber que, embora *S. frontalis* tenha tido a maior largura de banda, a espécie apresentou grandes variações, pois foi a única que foi gravada em três taxas de amostragem distintas, variando a sua frequência de pico final entre 79,4, 158,5 e 199,5 kHz. Apesar disso, foi *T. truncatus* que apresentou a maioria das faixas de frequência mais largas dentre os odontocetos, pois grande parte de suas gravações foram amostradas em 500 kHz. *S. guianensis* e *P. blainvillei* foram notáveis pelo seu pico de energia constante, que variou majoritariamente entre duas bandas de frequência, porém, *P. blainvillei* se diferenciou por utilizar as larguras de banda mais estreitas e de altas frequências dentre todas as espécies, variando entre 79,4 e 158,5 kHz.

*T. truncatus* e *P. blainvillei* foram as duas espécies que mais se assemelharam ao encontrado na literatura para seus sons pulsados, apresentando os seus picos de energia em frequências similares às encontradas em estudos anteriores (AU et al., 1974; HOL; KAMMINGA, 1979; AU, 1980; KAMMINGA; WIERSMA, 1981; POCHÉ et al., 1982; VON FERSEN et al., 1997; MELCÓN et al., 2012; BARCELLOS; SANTOS, 2021). *S. guianensis* e *S. frontalis* apresentaram algumas diferenças em suas frequências do pico de energia com o reportado na literatura. Apesar de concentrar seu pico em bandas de frequência bem próximas ao encontrado em estudos anteriores (KAMMINGA, 1988; KAMMINGA et al., 1993; ANDRADE et al., 2017), no presente estudo *S. guianensis* desloca os picos de energia para frequências mais altas. Em contrapartida, *S. frontalis* tende a concentrar os seus principais picos de energia em frequências mais baixas do que o encontrado para os picos bimodais de baixa e alta frequência fundamental (AU; HERZING, 2003).

Tabela 8 - Valores médios do delta de frequência e valores mínimos e máximos dos parâmetros de frequência dos assobios de *S. guianensis*, *S. frontalis*, *S. bredanensis* e *T. truncatus* de estudos anteriores no sudeste do Brasil em comparação com a largura da banda de frequência da distribuição de energia total e valores mínimos e máximos de cada espécie neste estudo.

Espécies	Faixa de frequência (frequência mínima - máxima)	Localização no sudeste do Brasil	Referência	Largura da banda de frequência da distribuição de energia (Presente estudo)
<i>S. guianensis</i>	41,8 (1,0-42,8) kHz	Baía da Ilha Grande	Andrade <i>et al.</i> , 2014b	17,5 (2,5-20,0) kHz
	78,6 (8,0-86,6) kHz	Baía da Ilha Grande	Barbosa <i>et al.</i> , 2019	
<i>S. frontalis</i>	21,8 (1,6-23,4) kHz	Baía da Ilha Grande	Azevedo <i>et al.</i> , 2010	29,1 (2,5-31,6) kHz
	20,6 (2,5-23,1) kHz	Baía da Ilha Grande	Lima <i>et al.</i> , 2016	
	27,7 (1,3-29,0) kHz	Baía da Ilha Grande	Bittencourt <i>et al.</i> , 2020b	
<i>S. bredanensis</i>	12,6 (1,6-14,2) kHz	Baía de Guanabara	Lima <i>et al.</i> , 2016	10,6 (2,0-12,6) kHz
<i>T. truncatus</i>	29,4 (3,7-33,1) kHz	Costa do Rio de Janeiro	Lima <i>et al.</i> , 2016	21,1 (4,0-25,1) kHz

#### 4.3 Comparação dos nichos acústicos

Espécies que vocalizam e habitam no mesmo ambiente físico compartilham também o mesmo espaço acústico. O espaço acústico representa um recurso ambiental partilhado por diversas espécies ao mesmo tempo que, assim como qualquer recurso limitado, pode levar à competição (SCHOENER, 1974). Animais que vocalizam nas mesmas bandas de frequência estão sujeitos ao mascaramento de seus sinais, o que oportuniza uma diferenciação dos seus sons e consequente partição dos nichos acústicos, com o intuito de evitar essa sobreposição

(KRAUSE, 1993). Sendo assim, a partição do nicho acústico aumentaria as chances de comunicação intraespecífica, favorecendo a transmissão do sinal entre indivíduos da mesma espécie.

O espaço espectral da Baía da Ilha Grande apresenta baixos níveis de ruído antrópico, aumentando o espaço acústico disponível para a comunicação dos cetáceos e favorecendo a interação entre os nichos dessas espécies (BITTENCOURT et al., 2020a). Dessa forma, ao analisar o nicho acústico das espécies que habitam a Baía da Ilha Grande, foi possível observar uma sobreposição intensa dos nichos acústicos de algumas espécies de odontocetos, assim como uma possível partição espectral entre outras.

*T. truncatus* teve sobreposição significativa na distribuição de energia de seus assobios com *S. frontalis* e *S. guianensis*. Apesar disso, a espécie é conhecida por possuir alta especificidade de sinais (LIMA et al., 2016; OSWALD et al., 2007), com seu repertório acústico composto por assobios estereotipados e de assinatura (CALDWELL; CALDWELL, 1965; SAYIGH et al., 1990; JANIK; SLATER, 1998; KRIESELL et al., 2014), o que poderia colaborar para diferenciá-lo de outras espécies que utilizam o mesmo espaço acústico. De acordo com o encontrado na análise de cluster para os sinais da espécie, artigos que visam a caracterização dos parâmetros de frequência demonstraram que *S. guianensis* e *T. truncatus* possuem diferenças significativas em seus assobios (MAY-COLLADO; WARTZOK, 2009; LIMA et al., 2016). Isso sugere que, apesar das espécies sobreporem seus nichos no espaço acústico, as diferenças na estrutura do sinal podem auxiliar na identificação inter e intra-específica. Ademais, devido à baixa amostragem de gravações (N=2) de *T. truncatus*, os resultados podem não estar refletindo o repertório acústico completo da espécie, trazendo limitações na comparação com outras espécies.

Em relação aos sons pulsados, *T. truncatus* apresentou baixa sobreposição da distribuição de energia com todas as espécies de odontocetos, especialmente com *P. blainvillei*. Evidências de certa similaridade isotópica entre *S. guianensis* e *T. truncatus* já foram relatadas, apontando a preferência de habitats semelhantes pelas espécies para alimentação (BISI et al., 2013). Além disso, as gravações da espécie foram coletadas em locais adjacentes à de *S. guianensis* (Fig. 1), sugerindo uma sobreposição espacial. Apesar disso, *T. truncatus* é conhecido por utilizar a área de forma esporádica, sem apresentar padrões de residência (LAILSON-BRITO et al., 2020). A espécie também diferencia os seus sons pulsados ao utilizar faixas de frequência muito mais amplas para concentrar seu pico de energia acústica, tendo preferência por frequências acima das utilizadas pelas outras espécies de delfínídeos, contribuindo para uma maior distância de ligação entre seus sinais e os das

demais espécies. Adicionalmente, estudos anteriores demonstraram que *S. guianensis* tende a evitar a presença de *T. truncatus* ao ouvir seus sinais (PIERRY et al., 2023), indicando que apesar de ocuparem a mesma área geográfica, essas espécies não interagem, diminuindo as chances de um mascaramento acústico.

*S. guianensis* e *S. frontalis* apresentaram intensa sobreposição da distribuição de energia e alta similaridade nos seus sons tonais e pulsados. Ambas as espécies exibem fidelidade de sítio e distribuição costeira na Baía da Ilha Grande, corroborada por uma similaridade nos valores de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio e uma alta sobreposição do nicho isotópico (RIBEIRO-CAMPOS et al., 2021; PEREIRA et al., 2022; BISI et al., 2013; NEVES et al., 2023). Apesar disso, a partir de uma análise visual do mapa da baía (Fig. 1), é notável que as duas espécies utilizam áreas afastadas. Sendo assim, apesar de sobrepossem seus nichos acústicos não há sobreposição espacial, o que diminui um possível mascaramento de seus sinais.

Estudos anteriores apontam que *S. frontalis* possui grandes semelhanças nos parâmetros acústicos de seus assobios com as outras espécies de delfínídeos presentes neste estudo, principalmente com *S. bredanensis* (LIMA et al., 2016). Apesar disso, a análise de sobreposição de nicho indicou que *S. frontalis* apresenta a menor probabilidade de sobreposição com *S. bredanensis*, indicando que as análises de parâmetros acústicos nem sempre refletem na distribuição de energia dos assobios. Além disso, *S. frontalis* apresenta uma menor sobreposição com *S. guianensis* e *T. truncatus* se comparada a sobreposição demonstrada por essas espécies com *S. frontalis*. Esse resultado sugere que *S. frontalis* utiliza outras bandas de frequência como estratégia para escapar das elevadas sobreposições de energia acústica, comportamento já observado em outras espécies que competem pelo mesmo espaço espectral (SCHMIDT et al., 2012; VILLANUEVA-RIVERA, 2014; MARTIN et al., 2021; HART et al., 2021), destacando uma possível tática para *S. frontalis* lidar com a competição acústica na Baía da Ilha Grande.

*S. bredanensis* apresentou grandes diferenças na distribuição de energia dos seus assobios em comparação com todas as espécies de delfínídeos, assim como uma maior distância de ligação, demonstrando uma baixa probabilidade de sobreposição de nicho, especialmente com *S. guianensis*. No entanto, a espécie apresenta grande afinidade genética com o gênero *Sotalia* (SILVA et al., 2015), já que as duas espécies formam a subfamília *Stenoninae*, e são consideradas táxons irmãos (LEDUC et al., 1999; CUNHA et al., 2011). Mesmo sendo filogeneticamente próximos e isso indicar que possuem assobios similares (WANG et al., 1995; MAY-COLLADO et al., 2007), essa semelhança não ocorre para a

concentração de energia dessas duas espécies, sugerindo que relações filogenéticas não influenciam o uso do espaço acústico. Dessa forma, uma explicação alternativa a essa grande diferença entre os sons tonais dessas espécies pode ser o grau de simpatria que elas carregam (STEINER, 1981). Segundo Steiner (1981), espécies simpátricas tendem a possuir assobios espécie-específicos altamente característicos a fim de evitar possíveis cruzamentos entre elas, sugerindo a presença de sinais distintos no repertório dessas espécies.

Lima et al. (2016) detectou diferenças nos parâmetros acústicos dos assobios de *S. bredanensis* em comparação com as três espécies de delfínidos presentes neste estudo, sendo as maiores diferenças com *S. guianensis*, reforçando os resultados encontrados para distribuição de energia dos sons tonais. Além disso, sabe-se que *S. bredanensis* produz sons com valores de frequência e modulação mais baixos do que as outras espécies, além de possuir um repertório acústico composto predominantemente por assobios estereotipados (LIMA et al., 2012; RANKIN et al., 2015; LIMA et al., 2016; LIMA, 2013), apoiando uma possível partição acústica do espaço espectral. Estas distintas propriedades dos sinais de comunicação evidenciam o fato de que *S. bredanensis* apresenta maior especialização no uso do espectro de frequência em comparação com as demais espécies deste estudo. Adicionalmente, a espécie teve suas gravações coletadas em pontos consideravelmente diferentes daqueles utilizados pelos outros delfínidos (Fig. 1), sugerindo que além de não ocorrer uma sobreposição acústica significativa, também não há uma sobreposição espacial entre essas espécies.

A espécie que apresentou os menores valores de probabilidade de sobreposição de seus sons pulsados com os outros odontocetos foi *P. blainvillei*, sugerindo uma maior diferenciação na largura de banda de frequência e pico de energia de seus sons, assim como uma distância de ligação significativa dos seus sinais. Em contraste com a baixa sobreposição encontrada no nicho acústico da espécie, estudos afirmam que o nicho isotópico de *P. blainvillei* apresenta grande sobreposição com *S. guianensis* e *S. frontalis* na região da Baía da Ilha Grande (NEVES et al., 2023), indicando a utilização de áreas de forrageamento semelhantes. Além disso, é possível observar uma grande sobreposição espacial entre os pontos de coleta das gravações de *P. blainvillei* e *S. guianensis* (Fig. 1), demonstrando o uso do mesmo espaço acústico pelas espécies. No entanto, *P. blainvillei* é conhecida por possuir sons estereotipados de banda estreita especializados em altas frequências (NBHF) (MÉLCOM et al., 2012) que contribuem para uma maior partição do espaço acústico, diminuindo consideravelmente a sobreposição com outras espécies que o compartilham.

A clara partição acústica encontrada no presente estudo é resultado da diferença filogenética entre *P. blainvillei* e as demais espécies analisadas (GALATIUS et al., 2018), atestando a distância entre as famílias de odontocetos: Pontoporiidae e Delphinidae. Estudos anteriores atestam que a família Pontoporiidae evoluiu seus sinais sonoros devido a pressões seletivas (MORISAKA; CONNOR, 2007; KYHN et al., 2009; KYHN et al., 2010; KYHN et al., 2013; GALATIUS et al., 2018), demonstrando a adaptabilidade dos sons pulsados de acordo com o ambiente acústico utilizado pela espécie. Esses resultados sugerem uma especialização no uso do espaço acústico como um recurso compartilhado, validando uma partição espectral do nicho acústico de *P. blainvillei*.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização dos nichos acústicos demonstrou que *S. bredanensis* distribuiu a energia de seus sons tonais na largura de banda de frequência mais estreita dentre as espécies. Em contraste, *S. frontalis* apresentou a faixa de frequência mais larga para distribuir a energia de seus assobios.

Em relação aos sons pulsados, *S. frontalis* também apresentou a maior largura de banda para distribuir sua energia acústica, enquanto *P. blainvillei* foi a espécie que demonstrou a real menor largura de banda.

Não foi possível realizar comparações dos sons pulsados de *S. bredanensis* com as outras espécies devido à baixa taxa de amostragem de suas gravações. Gravações com uma taxa de amostragem superior à 192 kHz devem ser realizadas para a espécie, a fim de comparar seus cliques e sons pulsados com as demais, além de ser necessário para a caracterização do nicho completo da espécie.

Foi encontrada uma intensa sobreposição entre a distribuição de energia dos sons tonais de *T. truncatus*, *S. frontalis* e *S. guianensis* e uma partição do espaço acústico por *S. bredanensis*. Assim como uma sobreposição significativa da largura de banda e pico de energia dos sons pulsados de *S. frontalis* e *S. guianensis*, com uma maior diferenciação do nicho de *T. truncatus* e *P. blainvillei*, principalmente.

Este foi o primeiro estudo a considerar o espaço acústico como um recurso utilizado por diferentes espécies de golfinhos no sudeste do Brasil, levando em conta as diferentes características dos nichos acústicos de cada espécie.

A utilização da distribuição de energia dos sons dessas espécies pode exercer uma estratégia de comunicação para evitar a sobreposição entre os sinais de outras espécies e o mascaramento pela poluição sonora subaquática. Investigar essas estratégias é muito importante para entender diferentes adaptações vocais, e a Baía da Ilha Grande apresenta um ambiente preservado como uma boa oportunidade para explorar sinais de cetáceos em condições de baixo impacto antrópico acústico.

Adicionalmente, é necessário investir em técnicas de coleta utilizando o Monitoramento Acústico Passivo (MAP) de longa duração, com objetivo de obter dados temporais e espaciais, possibilitando a análise do nicho acústico em todas as três dimensões.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÉZQUITA, A. et al. Acoustic interference and recognition space within a complex assemblage of dendrobatid frogs. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 41, p. 17058–17063, 11 out. 2011.

AMORIM, T. O. S. et al. Integrative bioacoustics discrimination of eight delphinid species in the western South Atlantic Ocean. **PLOS ONE**, v. 14, n. 6, p. e0217977–e0217977, 6 jun. 2019.

AMORIM, T. O. S. et al. Acoustic identification and classification of four dolphin species in the Brazilian marine area affected by the largest tailings dam failure disaster. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 152, n. 6, p. 3204–3215, 1 dez. 2022.

ANDRADE, L. G. et al. Variation in Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles: using a broadband recording system to analyze acoustic parameters in three areas of southeastern Brazil. **Acta Ethologica**, v. 18, n. 1, p. 47–57, 8 mar. 2014a.

ANDRADE, L. G. et al. High-frequency whistles of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 137, n. 1, p. EL15–EL19, 18 dez. 2014b.

ANDRADE, L. G. **Emissões sonoras de *Sotalia guianensis* (Cetartiodactyla: Delphinidae) na Baía de Guanabara (RJ), sudeste do Brasil**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro: [s.n.].

ANDRADE, L. G. et al. Burst pulses of Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) in southeastern Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 141, n. 4, p. 2947–2956, 1 abr. 2017.

ARAÚJO, J. C.; DIAS, F. F. Multicriterial method of AHP analysis for the identification of coastal vulnerability regarding the rise of sea level: case study in Ilha Grande Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Natural Hazards**, v. 107, n. 1, p. 53–72, 5 fev. 2021.

ASHOK, K. et al. **Comparative study on the anthropogenic noise masking effect on the vocal repertoire of *Delphinus delphis* and *Stenella coeruleoalba* in the eastern aegean, Greece**. Conference: 5th Conference of Effects Of Noise On Aquatic Life. **Anais...** jul. 2019.

AU, W. W. et al. Measurement of echolocation signals of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus* Montagu, in open waters. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 56, n. 4, p. 1280–1290, 1 out. 1974.

AU, W. W. L. Echolocation signals of the Atlantic bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in open waters. **Animal Sonar Systems**, p. 251–282, 1980.

AU, W. W. L. **The sonar of dolphins**. [s.l.] New York Berlin Heidelberg London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest Springer, 1993.

AU, W. W. L. et al. Atlantic bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) hearing threshold for brief broadband signals. **Journal of Comparative Psychology**, v. 116, n. 2, p. 151–157, 1

jan. 2002.

AU, W. W. L.; HASTINGS, M. C. **Principles of Marine Bioacoustics**. [s.l.] New York, Ny Springer Us, 2008.

AU, W. W. L.; HERZING, D. L. Real-Time Acquisition of Echolocation Signals by Wild Atlantic Spotted Dolphin, *Stenella frontalis*, Utilizing Hydrophone Arrays with Simultaneous Underwater Video. **Wild Dolphin Project**, p. 1–26, 28 nov. 1997.

AU, W. W. L.; HERZING, D. L. Echolocation signals of wild Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 113, n. 1, p. 598–604, jan. 2003.

AZEVEDO, A. F. et al. Characteristics of whistles from resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in southern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 121, n. 5, p. 2978–2983, maio 2007.

AZEVEDO, A. F. et al. Whistles emitted by Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) in southeastern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 127, n. 4, p. 2646–2651, abr. 2010.

AZEVEDO, A. F.; VAN SLUYS, M. Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: Comparisons among populations. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 117, n. 3, p. 1456–1464, mar. 2005.

BARBOSA, M. et al. High-frequency social communication in *Sotalia guianensis*. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 146, n. 2, p. EL124–EL128, ago. 2019.

BARBOSA, M. et al. Characterisation and classification method of burst pulses produced by Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*). **Bioacoustics-the International Journal of Animal Sound and Its Recording**, v. 31, n. 1, p. 1–12, 17 fev. 2021.

BARCELLOS, D. D.; SANTOS. Echolocation characteristics of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Marine Mammal Science**, v. 37, n. 3, p. 1139–1149, 8 mar. 2021.

BARON, S. C. et al. Differences in acoustic signals from Delphinids in the western North Atlantic and northern Gulf of Mexico. **Marine Mammal Science**, v. 24, n. 1, p. 42–56, jan. 2008.

BAZÚA-DURÁN, C.; AU, W. W. L. Geographic variations in the whistles of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) of the Main Hawai'ian Islands. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 116, n. 6, p. 3757–3769, dez. 2004.

BERTUCCI, F. et al. Local sonic activity reveals potential partitioning in a coral reef fish community. **Oecologia**, v. 193, n. 1, p. 125–134, 13 abr. 2020.

BISI, T. L. et al. Trophic Relationships and Habitat Preferences of Delphinids from the Southeastern Brazilian Coast Determined by Carbon and Nitrogen Stable Isotope Composition. **PLOS ONE**, v. 8, n. 12, p. e82205–e82205, 16 dez. 2013.

BITTENCOURT, L. et al. Underwater noise in an impacted environment can affect Guiana dolphin communication. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, n. 2, p. 1130–1134, 30 jan. 2017.

BITTENCOURT, L. et al. Anthropogenic noise influences on marine soundscape variability across coastal areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 160, p. 111648, nov. 2020a.

BITTENCOURT, L. et al. Whistles of Atlantic spotted dolphin from a coastal area in the southwestern Atlantic Ocean. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 148, n. 5, p. EL420–EL426, 1 nov. 2020b.

BLOMQUIST, C.; AMUNDIN, M. High-frequency burst-pulse sounds in agonistic/aggressive interactions in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. In: THOMAS, J.; MOSS, C.; VATER, M. (Eds.). **Echolocation in bats and dolphins**. Chicago: The University of Chicago Press, 2004. p. 425–431.

BOISSEAU, O. Quantifying the acoustic repertoire of a population: The vocalizations of free-ranging bottlenose dolphins in Fiordland, New Zealand. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 117, n. 4, p. 2318–2329, abr. 2005.

BORDINO, P. et al. Reducing incidental mortality of franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* with acoustic warning devices attached to fishing nets. **Marine Mammal Science**, v. 18, n. 4, p. 833–842, out. 2002.

BOTTA, S. et al. Age and growth of franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea: Pontoporiidae) incidentally caught off southern Brazil and northern Argentina. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 90, n. 8, p. 1493–1500, 28 jul. 2010.

BRANDINI, F. P. et al. **Planctologia na plataforma continental do Brasil: diagnose e revisão bibliográfica**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar, 1997.

BRANSTETTER, B. K. et al. Directional properties of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) clicks, burst-pulse, and whistle sounds. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 2, p. 1613–1621, fev. 2012.

BROWNELL JR., R. L. Progress Report on the Biology of the Franciscana Dolphin, *Pontoporia blainvillei*, in Uruguayan Waters. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 32, n. 7, p. 1073–1078, 1 jul. 1975.

BUSCAINO, G. et al. Pulsed signal properties of free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the central Mediterranean Sea. **Marine Mammal Science**, v. 31, n. 3, p. 891–901, 7 dez. 2014.

BUSNEL, R. G.; DZIEDZIC, A. Caractéristiques physiques de certains signaux acoustiques du Delphinidé *Steno bredanensis*, Lesson. **Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences Série D: Sciences naturelles**, v. 262, n. 1, p. 143–146, 1966.

BUSNEL, R. G.; DZIEDZIC, A.; ALCURI, G. Études préliminaires de signaux acoustiques du *Pontoporia blainvillei* gervais et d'orbigny (Cetacea, Platanistidae). **Mammalia**, v. 38, n. 3, 1974.

BUTLER, J.; STANLEY, J. A.; BUTLER, M. J. Underwater soundscapes in near-shore tropical habitats and the effects of environmental degradation and habitat restoration. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 479, p. 89–96, 1 jun. 2016.

CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. Individualized Whistle Contours in Bottle-nosed Dolphins (*Tursiops truncatus*). **Nature**, v. 207, n. 4995, p. 434–435, jul. 1965.

CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K. Intraspecific transfer of information via the pulsed sound in captive Odontocete Cetaceans. **Animal Sonar Systems: Biology and Bionics**, p. 879–936, 1967.

CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K.; MILLER, J. Statistica evidence for individual signature whistles in the spotted dolphin, *Stenella plagiodon*. **Cetology**, v. 16, p. 1–21, 1 jun. 1970.

CALDWELL, M. C.; CALDWELL, D. K.; TYACK, P. L. Review of the Signature-Whistle Hypothesis for the Atlantic Bottlenose Dolphin. **The Bottlenose Dolphin**, p. 199–234, 1990.

CALLADO, C. H. CEADS: um centro de pesquisa da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e sua contribuição para a melhoria das condições humanas e ambientais. **Interagir: pensando a extensão**, v. 1, n. 26, p. 26–37, 5 abr. 2019.

CARUSO, F. et al. Acoustic recordings of rough-toothed dolphin (*Steno bredanensis*) offshore Eastern Sicily (Mediterranean Sea). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 146, n. 3, p. EL286–EL292, set. 2019.

CARVALHO, R. R. *Steno bredanensis* in Rio de Janeiro, southeastern Brazil: insights on ecological parameters. Réunion de Trabajo de Expertos em Mamíferos Acuáticos de América del Sur. **Anais...Puerto Madryn**: 2012.

CARVALHO, R. R. et al. Shallow-water habitat use and population parameters of rough-toothed dolphins, *Steno bredanensis* (*G. Cuvier* in Lesson, 1828) in southeastern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 37, n. 2, p. 717–732, 2 nov. 2020.

CHARRIER, I. et al. First evidence of underwater vocalizations in green sea turtles *Chelonia mydas*. **Endangered Species Research**, v. 48, 2022.

CONNOR, R. C. et al. Social evolution in toothed whales. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 13, n. 6, p. 228–232, jun. 1998.

CORCUERA, J. Incidental mortality of franciscanas in Argentine waters: the threat of small fishing camps. In: PERRIN, W. F.; DONOVAN, G. P.; BARLOW, J. (Eds.). **Gillnets and cetaceans**. Cambridge: International Whaling Commission, 1994. p. 291–294.

COSTA, H. **Uma avaliação da qualidade das águas costeiras do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar, 1998.

CREED, J. C.; PIRES, D. O.; FIGUEIREDO, M. A. **Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande**. Brasília: Série Biodiversidade 23, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2007.

CREMER, M. J. et al. Social sounds produced by franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Cetartiodactyla, *Pontoporiidae*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 141, n. 3, p. 2047–2054, mar. 2017.

- CRESPO, E. A. Franciscana dolphin: *Pontoporia blainvillei*. In: WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, K. M. (Eds.). **Encyclopedia of Marine Mammals**. [s.l.] Academic Press, 2018. p. 388–392.
- CUNHA, H. A. et al. Phylogenetic Status and Timescale for the Diversification of Steno and Sotalia Dolphins. **PLoS ONE**, v. 6, n. 12, p. e28297, 7 dez. 2011.
- CURTIS, K. R.; HOWE, B. M.; MERCER, J. A. Low-frequency ambient sound in the North Pacific: Long time series observations. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 106, n. 6, p. 3189–3200, dez. 1999.
- DAWSON, S. M. Clicks and Communication: The Behavioural and Social Contexts of Hector’s Dolphin Vocalizations. **Ethology**, v. 88, n. 4, p. 265–276, 26 abr. 2010.
- DECONTO, L. S.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Day and night sounds of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in southeastern Brazil. **acta ethologica**, v. 19, n. 1, p. 61–68, 26 out. 2015.
- DECONTO, L. S.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. Differences in the sounds of Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) between two areas of south-eastern and southern Brazil. **Bioacoustics**, v. 28, n. 1, p. 26–41, 23 ago. 2017.
- DI NARDO, F. et al. A WAV file dataset of bottlenose dolphin whistles, clicks, and pulse sounds during trawling interactions. **Scientific Data**, v. 10, n. 1, p. 650, 22 set. 2023.
- DOS SANTOS, M. E. et al. Whistles of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Sado Estuary, Portugal: Characteristics, Production Rates, and Long-Term Contour Stability. **Aquatic Mammals**, v. 31, n. 4, p. 453–462, 1 dez. 2005.
- DUARTE, C. M. et al. The soundscape of the Anthropocene ocean. **Science**, v. 371, n. 6529, p. eaba4658, 4 fev. 2021.
- ERBE, C. et al. Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. **Marine Pollution Bulletin**, v. 103, n. 1-2, p. 15–38, fev. 2016.
- FLORES, P. A. C. Tucuxi *Sotalia fluviatilis*. In: **Encyclopedia of Marine Mammals**. San Diego: Academic Press, 2002. p. 1414.
- GALATIUS, A. et al. Raising your voice: evolution of narrow-band high-frequency signals in toothed whales (Odontoceti). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 126, n. 2, p. 213–224, 13 dez. 2018.
- GARCIA-RUTLEDGE, E. J.; NARINS, P. M. Shared Acoustic Resources in an Old World Frog Community. **Herpetologica**, v. 57, n. 1, p. 104–116, mar. 2001.
- GILLOOLY, J. F.; OPHIR, A. G. The energetic basis of acoustic communication. **Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, n. 1686, p. 1325–1331, 7 maio 2010.
- GÖTZ, T.; VERFUSS, U. K.; SCHNITZLER, H.-U. “Eavesdropping” in wild rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*)?. **Biology Letters**, v. 2, n. 1, p. 5–7, 19 dez. 2005.

HART, P. J. et al. Timing Is Everything: Acoustic Niche Partitioning in Two Tropical Wet Forest Bird Communities. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, 15 out. 2021.

HASTINGS, P. A.; ŠIROVIĆ, A. Soundscapes offer unique opportunities for studies of fish communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 19, p. 5866–5867, 30 abr. 2015.

HAWKINS, E. R.; GARTSIDE, D. F. Whistle emissions of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) differ with group composition and surface behaviors. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 127, n. 4, p. 2652–2663, abr. 2010.

HEILER, J. et al. Changes in bottlenose dolphin whistle parameters related to vessel presence, surface behaviour and group composition. **Animal Behaviour**, v. 117, p. 167–177, jul. 2016.

HENRY, C. S.; WELLS, M. M. Acoustic niche partitioning in two cryptic sibling species of Chrysoperla green lacewings that must duet before mating. **Animal Behaviour**, v. 80, n. 6, p. 991–1003, dez. 2010.

HERZING, D. Synchronous and Rhythmic Vocalizations and Correlated Underwater Behavior of Free-ranging Atlantic Spotted Dolphins (*Stenella frontalis*) and Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Bahamas. **Animal Behavior and Cognition**, v. 2, n. 1, p. 14–29, 1 fev. 2015.

HERZING, D. L. Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Aquatic Mammals**, v. 22, n. 2, p. 61–79, 1996.

HILDEBRAND, J. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 395, p. 5–20, 3 dez. 2009.

HILEY, H. M. et al. What's occurring? Ultrasonic signature whistle use in Welsh bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Bioacoustics**, v. 26, n. 1, p. 25–35, 25 abr. 2016.

HOL, W. A.; KAMMINGA, C. Investigations on cetacean sonar I. Some results on the threshold detection of hollow and solid spheres performed by the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. **Aquatic Mammals**, v. 72, p. 41–64, 1979.

HOLT, M. M. et al. Vocal performance affects metabolic rate in dolphins: implications for animals communicating in noisy environments. **Journal of Experimental Biology**, v. 218, n. 11, p. 1647–1654, 1 jun. 2015.

IBGE. **IBGE | Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>.

JACKSON, A. L. et al. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, n. 3, p. 595–602, 14 mar. 2011.

JACOBS, M. et al. Seasonal Changes in Vocalizations during Behavior of the Atlantic Bottlenose Dolphin. **Estuaries**, v. 16, n. 2, p. 241, jun. 1993.

JANIK, V. M. Source levels and the estimated active space of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) whistles in the Moray Firth, Scotland. **Journal of Comparative Physiology A**, v.

186, n. 7-8, p. 673–680, 21 jun. 2000.

JANIK, V. M. Chapter 4 Acoustic Communication in Delphinids. **Advances in the Study of Behavior**, v. 40, p. 123–157, 2009.

JANIK, V. M. et al. Identifying signature whistles from recordings of groups of unrestrained bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Marine Mammal Science**, v. 29, n. 1, p. 109–122, 19 mar. 2012.

JANIK, V. M.; SAYIGH, L. S. Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 199, n. 6, p. 479–489, 7 maio 2013.

JANIK, V. M.; SLATER, P. J. B. Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. **Animal Behaviour**, v. 56, n. 4, p. 829–838, out. 1998.

JEFFERSON, T. A.; WEBBER, M. A.; PITMAN, R. L. **Marine Mammals of the World**. [s.l.] Academic Press, 2015.

JENSEN, F. et al. Vessel noise effects on delphinid communication. **Marine Ecology Progress Series**, v. 395, p. 161–175, 3 dez. 2009.

JÉRÔME SUEUR. Cicada acoustic communication: potential sound partitioning in a multispecies community from Mexico (Hemiptera: *Cicadomorpha*: Cicadidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 75, n. 3, p. 379–394, 1 mar. 2002.

JOHNSON, C. M. **Dolphin communication and cognition - past, present, and future**. [s.l.] Mit Press Ltd, 2015.

JOHNSON, C. S. Sound detection thresholds in marine mammals. In: TAVOLGA, W. (Ed.). **Marine bioacoustics**. New York: Pergamon Press, 1967.

KAMMINGA, C. Echolocation signal types of odontocetes. In: NACHTIGALL, P. E.; MOORE, P. W. B. (Eds.). **Animal Sonar. Processes and Performance**. New York: Plenum Press, 1988. p. 9–22.

KAMMINGA, C. et al. Investigations on cetacean sonar X: A comparative analysis of underwater echolocation clicks of *Inia* spp. and *Sotalia* spp. **Aquatic Mammals**, v. 19, p. 31–43, 1993.

KAMMINGA, C.; WIERSMA, H. Investigations on cetacean sonar II. Acoustical similarities and differences in odontocete sonar signals. **Aquatic Mammals**, v. 8, n. 2, p. 41–62, 1981.

KAPLAN, J. D.; MELILLO-SWEETING, K.; REISS, D. Biphonal calls in Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*): bitonal and burst-pulse whistles. **Bioacoustics**, v. 27, n. 2, p. 145–164, 10 abr. 2017.

KAPLAN, J. D.; REISS, D. Whistle Acoustic Parameters in Atlantic Spotted Dolphins (*Stenella frontalis*) and Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Two Locations in The Bahamas and Comparisons with Other Populations. **Aquatic Mammals**, v. 43, n. 4, p. 364–377, 15 jul. 2017.

KASTELEIN, R. A. et al. Audiogram of a striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 113, n. 2, p. 1130–1137, fev. 2003.

KING, S. L.; JANIK, V. M. Bottlenose dolphins can use learned vocal labels to address each other. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 32, p. 13216–13221, 22 jul. 2013.

KJERFVE, B. et al. Oceanographic and environmental characteristics of a coupled coastal bay system: Baía de Ilha Grande-Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 41, p. 101594, 1 jan. 2021.

KLEYN, T.; KAIZER, C.; PASSOS, L. Sharing sound: Avian acoustic niches in the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 53, n. 2, p. 658–670, 17 jan. 2021.

KRAUSE, B. L. The Niche Hypothesis: A virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats. **The Soundscape Newsletter**, 6 jun. 1993.

KRIESELL, H. J. et al. Identification and Characteristics of Signature Whistles in Wild Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) from Namibia. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. e106317, 9 set. 2014.

KYHN, L. A. et al. Feeding at a high pitch: Source parameters of narrow band, high-frequency clicks from echolocating off-shore hourglass dolphins and coastal Hector's dolphins. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 3, p. 1783–1791, mar. 2009.

KYHN, L. A. et al. Echolocation in sympatric Peale's dolphins (*Lagenorhynchus australis*) and Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus commersonii*) producing narrow-band high-frequency clicks. **Journal of Experimental Biology**, v. 213, n. 11, p. 1940–1949, 14 maio 2010.

KYHN, L. A. et al. Clicking in a Killer Whale Habitat: Narrow-Band, High-Frequency Biosonar Clicks of Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) and Dall's Porpoise (*Phocoenoides dalli*). **PLoS ONE**, v. 8, n. 5, p. e63763, 28 maio 2013.

LA MANNA, G. et al. Assessing geographical variation on whistle acoustic structure of three Mediterranean populations of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). **Behaviour**, v. 154, n. 5, p. 583–607, 2017.

LAËTITIA RUPPÉ et al. Environmental constraints drive the partitioning of the soundscape in fishes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 112, n. 19, p. 6092–6097, 6 abr. 2015.

LAILSON-BRITO, J. et al. **Botos-cinza: e outros cetáceos das baías da Ilha Grande e de Sepetiba**. São Paulo: DBA Editora, 2020.

LAMMERS, M. O.; AU, W. W. L.; HERZING, D. L. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 114, n. 3, p. 1629–1639, 1 set. 2003.

LANA, P. C. et al. **O bentos da costa brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar, 1996.

- LEÃO, D. T.; ROSSI-SANTOS, M. R.; LIMA SILVA, F. J. D. Effects of anthropogenic noise on the acoustic behaviour of *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864) in Pipa, North-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 2, p. 215–222, 3 out. 2016.
- LEÃO, D. T.; EMYGDIO L. A. MONTEIRO-FILHO; SILVA. Acoustic parameters of sounds emitted by *Sotalia guianensis*: dialects or acoustic plasticity. **Journal of Mammalogy**, v. 97, n. 2, p. 611–618, 27 dez. 2015.
- LEDUC, R. G.; PERRIN, W. F.; DIZON, A. E. Phylogenetic relationships among the delphinid cetaceans based on full cytochrome b sequences. **Marine Mammal Science**, v. 15, n. 3, p. 619–648, jul. 1999.
- LEROY, E. C. et al. Long-Term and Seasonal Changes of Large Whale Call Frequency in the Southern Indian Ocean. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 123, n. 11, p. 8568–8580, nov. 2018.
- LIMA, I. M. S. et al. Characteristics of whistles from rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro coast, southeastern Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 5, p. 4173–4181, maio 2012.
- LIMA, I. M. S. **Assobios de delfínídeos na costa do Estado do Rio de Janeiro: caracterização e comparação interespecífica**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro: [s.n.].
- LIMA, I. M. S. et al. Whistle comparison of four delphinid species in Southeastern Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 139, n. 5, p. EL124–EL127, 4 maio 2016.
- LIMA, I. M. S. et al. Geographic variation in the whistles of bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) in the southwestern Atlantic Ocean. **Marine Mammal Science**, v. 36, n. 3, p. 1058–1067, 4 abr. 2020a.
- LIMA, I. M. S. et al. Burst-pulsed sounds of rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in Southeastern Brazil. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 148, n. 4\_Supplement, p. 2596–2596, 1 out. 2020b.
- LODI, L. Santuário no mar de Ipanema. **Ciência Hoje**, v. 37, p. 60–63, 2005.
- LODI, L. et al. Movements of the bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Rio de Janeiro State, Southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 4, p. 206–209, 1 dez. 2008.
- LODI, L.; HETZEL, B. O golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*) no Brasil. **Rev. Bioikos**, v. 12, n. 1, p. 29–45, 1 jan. 1998.
- LUÍS, A. R. et al. Vocal universals and geographic variations in the acoustic repertoire of the common bottlenose dolphin. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 4 jun. 2021.
- LUÍS, A. R.; COUCHINHO, M. N.; DOS SANTOS, M. E. Changes in the acoustic behavior of resident bottlenose dolphins near operating vessels. **Marine Mammal Science**, v. 30, n. 4, p. 1417–1426, 2 abr. 2014.
- LUÍS, A. R.; COUCHINHO, M. N.; DOS SANTOS, M. E. A Quantitative Analysis of Pulsed

Signals Emitted by Wild Bottlenose Dolphins. **PLOS ONE**, v. 11, n. 7, p. e0157781, 6 jul. 2016.

MANN, D. et al. Hearing Loss in Stranded Odontocete Dolphins and Whales. **PLoS ONE**, v. 5, n. 11, p. e13824, 3 nov. 2010.

MARLEY, S. A.; ERBE, C.; SALGADO-KENT, C. P. Underwater Sound in an Urban Estuarine River: Sound Sources, Soundscape Contribution, and Temporal Variability. **Acoustics Australia**, v. 44, n. 1, p. 171–186, 7 jan. 2016.

MARTIN, M. et al. Heaviside's dolphins (*Cephalorhynchus heavisidii*) relax acoustic crypsis to increase communication range. **Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 285, n. 1883, p. 20181178–20181178, 18 jul. 2018.

MARTIN, M. J. et al. To buzz or burst-pulse? The functional role of Heaviside's dolphin, *Cephalorhynchus heavisidii*, rapidly pulsed signals. **Animal Behaviour**, v. 150, p. 273–284, 1 abr. 2019.

MARTIN, M. et al. Vocal repertoire, micro-geographical variation and within-species acoustic partitioning in a highly colonial pinniped, the Cape fur seal. **Royal Society Open Science**, v. 8, n. 10, 1 out. 2021.

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, n. 1, p. 136, 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, n. 5, p. 1229–1240, out. 2008.

MAY-COLLADO, L. J.; WARTZOK, D. A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: The importance of broadband recording systems. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 2, p. 1202–1213, fev. 2009.

MCCOWAN, B. A New Quantitative Technique for Categorizing Whistles Using Simulated Signals and Whistles from Captive Bottlenose Dolphins (*Delphinidae*, *Tursiops truncatus*). **Ethology**, v. 100, n. 3, p. 177–193, 26 abr. 2010.

MELCÓN, M. L.; FAILLA, M.; IÑÍGUEZ, M. A. Echolocation behavior of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) in the wild. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 6, p. EL448–EL453, jun. 2012.

MENZE, S. et al. Estimating the spatial distribution of vocalizing animals from ambient sound spectra using widely spaced recorder arrays and inverse modelling. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 146, n. 6, p. 4699–4717, 1 dez. 2019.

MERCHANT, N. D. et al. Measuring acoustic habitats. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 3, p. 257–265, 27 jan. 2015.

MILLER, P. Mixed-directionality of killer whale stereotyped calls: a direction of movement cue? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 52, n. 3, p. 262–270, 1 ago. 2002.

MOONEY, T. A.; YAMATO, M.; BRANSTETTER, B. K. Hearing in Cetaceans: From Natural History to Experimental Biology. **Advances in Marine Biology**, v. 63, p. 197–246, 2012.

MORENO, I. et al. Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus *Stenella* (Cetacea: Delphinidae) in the southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**, v. 300, p. 229–240, 2005.

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. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 20, n. 4, p. 1439–1458, jul. 2007.

MOSSBRIDGE, J. A.; THOMAS, J. A. An “Acoustic Niche” for Antarctic Killer Whale and Leopard Seal Sounds. **Marine Mammal Science**, v. 15, n. 4, p. 1351–1357, out. 1999.

NEVES, M. D. et al. From narrow and overlapped to wide and segregated: The isotopic niche of a tropical cetacean community. **Ecological Indicators**, v. 154, p. 110711–110711, 1 out. 2023.

NORRIS, K. S. et al. **The Hawaiian Spinner Dolphin**. Berkeley, CA: University of California Press, 1994.

NORRIS, K. S.; EVANS, W. E. Directionality of echolocation clicks in the rough-tooth porpoise, *Steno bredanensis*, Lesson. **Marine bioacoustics**, v. 2, p. 305–316, 1967.

OCHOA-OCHOA, L. M. et al. Ausencia de partición del nicho acústico en una comunidad de aueros en Chiapas, México. **Ecosistemas**, v. 30, n. 1, p. 1962, 30 abr. 2021.

OPHIR, A. G.; SCHRADER, S. B.; GILLOOLY, J. F. Energetic cost of calling: general constraints and species-specific differences. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 23, n. 7, p. 1564–1569, 7 maio 2010.

OSWALD, J. N. et al. A new tool for real-time acoustic species identification of delphinid whistles. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 118, n. 3, p. 1909–1909, set. 2005.

OSWALD, J. N. et al. A tool for real-time acoustic species identification of delphinid whistles. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 122, n. 1, p. 587–595, jul. 2007.

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, n. 1, p. 20–037, jan. 2003.

PAITACH, R. L. et al. Echolocation variability of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) between estuarine and open-sea habitats, with insights into foraging patterns. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 150, n. 5, p. 3987–3998, 1 nov. 2021.

PAPALE, E. et al. Dolphins Adjust Species-Specific Frequency Parameters to Compensate for Increasing Background Noise. **PLOS ONE**, v. 10, n. 4, p. e0121711, 8 abr. 2015.

PARKS, S. E. et al. Individual right whales call louder in increased environmental noise.

**Biology Letters**, v. 7, n. 1, p. 33–35, 7 jul. 2010.

PEREIRA, K. S. et al. Large groups of Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*) in a coastal bay from southeastern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 38, n. 4, p. 1665–1675, 24 maio 2022.

PERRIN, W. F. *Stenella frontalis*. **Mammalian Species**, v. 702, p. 1–6, jul. 2002.

PIERRY, J. C. et al. Escape response of Guiana dolphins to bottlenose dolphin playback. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 566, p. 151925–151925, 1 set. 2023.

PIJANOWSKI, B. C. et al. Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape. **Source: BioScience BioScience**, v. 61, n. 203, p. 203–216, 2011.

PINEDO, M. C. Review of the status and fishery interactions of the franciscana, *Pontoporia blainvillei*, and other small cetaceans of the southern Brazil. In: PERRIN, W. F.; DONOVAN, G. P.; BARLOW, J. (Eds.). **Gillnets and cetaceans**. Cambridge: International Whaling Commission, 1994. p. 251–259.

PITMAN, R. L.; STINCHCOMB, C. Rough-Toothed Dolphins (*Steno bredanensis*) as Predators of Mahimahi (*Coryphaena hippurus*). **Pacific Science**, v. 56, n. 4, p. 447–450, 2002.

POCHÉ, L. B.; LUKER, L. D.; ROGERS, P. H. Some observations of echolocation clicks from free-swimming dolphins in a tank. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 71, n. 4, p. 1036–1038, 1 abr. 1982.

PRADERI, R. Mortalidad de franciscana, *Pontoporia blainvillei*, en pesquerías artesanales de tiburón en la costa atlántica uruguaya. **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Zoología XIII**, p. 259–272, 1984.

RANKIN, S. et al. Vocalizations of the rough-toothed dolphin, *Steno bredanensis*, in the Pacific Ocean. **Marine Mammal Science**, v. 31, n. 4, p. 1538–1548, 9 abr. 2015.

RENDELL, L. E. et al. Quantitative analysis of tonal calls from five odontocete species, examining interspecific and intraspecific variation. **Journal of Zoology**, v. 249, n. 4, p. 403–410, dez. 1999.

RIBEIRO-CAMPOS, A. et al. Habitat use by the Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) (Cetartiodactyla: Delphinidae) in southeastern Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 44, p. 101778–101778, 1 maio 2021.

RICHARDSON, W. J. et al. **Marine Mammals and Noise**. 1. ed. San Diego: Toronto: Academic Press, 1995.

RITTER, F. Behavioural observations of rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) off La Gomera, Canary Islands (1995–2000), with special reference to their interactions with humans. **Aquatic Mammals**, v. 28, n. 1, p. 46–59, 2002.

RÖMER, H. Insect acoustic communication: The role of transmission channel and the sensory

- system and brain of receivers. **Functional Ecology**, v. 34, n. 2, p. 310–321, 25 mar. 2019.
- ROMEU, B. et al. Low-frequency sampling rates are effective to record bottlenose dolphins. **Royal Society Open Science**, v. 8, n. 7, p. 201598–201598, 1 jul. 2021.
- ROSSI-SANTOS, M. R.; PODOS, J. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. **Behaviour**, v. 143, n. 3, p. 347–364, 2006.
- SAAYMAN, G. S.; TAYLER, C. K. Social Organisation of Inshore Dolphins (*Tursiops aduncus* and *sousa*) in the Indian Ocean. **Journal of Mammalogy**, v. 54, n. 4, p. 993–996, 14 dez. 1973.
- SANTOS, M. C. et al. Cetacean movements in coastal waters of the southwestern Atlantic Ocean. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 2, 21 mar. 2019.
- SANTOS, M. C. O.; NETTO, D. F. Killer whale (*Orcinus orca*) predation on a franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) in Brazilian waters. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 4, n. 1, 30 jun. 2005.
- SAYIGH, LAELAS. et al. Signature whistles of free-ranging bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*: stability and mother-offspring comparisons. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 26, n. 4, abr. 1990.
- SCHMIDT, A. K. D.; RÖMER, H.; RIEDE, K. Spectral niche segregation and community organization in a tropical cricket assemblage. **Behavioral Ecology**, v. 24, n. 2, p. 470–480, 3 nov. 2012.
- SCHOENER, T. W. Resource Partitioning in Ecological Communities. **Science**, v. 185, n. 4145, p. 27–39, 5 jul. 1974.
- SECCHI, E. R. et al. Population differentiation in the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) from two geographic locations in Brazil as determined from mitochondrial DNA control region sequences. **Canadian Journal of Zoology**, v. 76, n. 9, p. 1622–1627, 1 set. 1998.
- SEGER, K. D. et al. Humpback whale-generated ambient noise levels provide insight into singers' spatial densities. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 140, n. 3, p. 1581–1597, 1 set. 2016.
- SHANE, S. H.; WELLS, R. S.; WURSIG, B. Ecology, Behavior and Social Organization of the Bottlenose Dolphin: A Review. **Marine Mammal Science**, v. 2, n. 1, p. 34–63, jan. 1986.
- SIEMERS, B. M.; SCHNITZLER, H.-U. Echolocation signals reflect niche differentiation in five sympatric congeneric bat species. **Nature**, v. 429, n. 6992, p. 657–661, jun. 2004.
- SILVA, D. A. et al. Molecular taxonomy and population structure of the rough-toothed dolphin *Steno bredanensis* (Cetartiodactyla: Delphinidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 175, n. 4, p. 949–962, 1 dez. 2015.
- SILVA, M. D. C. DA et al. Caracterização dos serviços ecossistêmicos da Baía de Ilha Grande - RJ. **Conjecturas**, v. 22, n. 5, p. 308–322, 4 maio 2022.
- SIMARD, P. et al. Dolphin Distribution on the West Florida Shelf Using Visual Surveys and

Passive Acoustic Monitoring. **Aquatic Mammals**, v. 41, n. 2, p. 167–187, 1 jun. 2015.

SIMPSON, S. D. et al. Behavioral plasticity in larval reef fish: orientation is influenced by recent acoustic experiences. **Behavioral Ecology**, v. 21, n. 5, p. 1098–1105, 2010.

SMOLKER, R. A.; CONNOR, R. C. “Pop” Goes the Dolphin: a Vocalization Male Bottlenose Dolphins Produce During Consortships. **Behaviour**, v. 133, n. 9-10, p. 643–662, 1 jan. 1996.

**Society for Marine Mammalogy**. Disponível em: <<https://marinemammalscience.org/>>.

SØRENSEN, P. M. et al. Click communication in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 26 jun. 2018.

STEINER, W. W. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western North Atlantic dolphin species. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 9, n. 4, p. 241–246, dez. 1981.

SUCUNZA, F. et al. Distribution, habitat use, and abundance of the endangered franciscana in southeastern and southern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 36, n. 2, p. 421–435, 23 out. 2019.

SUEUR, J.; FARINA, A. Ecoacoustics: the Ecological Investigation and Interpretation of Environmental Sound. **Biosemiotics**, v. 8, n. 3, p. 493–502, 8 set. 2015.

SWANSON, H. K. et al. A new probabilistic method for quantifying n-dimensional ecological niches and niche overlap. **Ecology**, v. 96, n. 2, p. 318–324, fev. 2015.

TANNURE, N. C. et al. Acoustic Description of Beach-Hunting Guiana Dolphins (*Sotalia guianensis*) in the Cananéia Estuary, Southeastern Brazil. **Aquatic Mammals**, v. 46, n. 1, p. 11–20, 15 jan. 2020.

TELLECHEA, J. S.; FERREIRA, M.; NORBIS, W. Echolocation and burst clicks from franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) on the coast of Uruguay. **Marine Mammal Science**, v. 33, n. 2, p. 687–694, 12 dez. 2016.

TELLECHEA, J. S.; NORBIS, W. Sound characteristics of two neonatal franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Marine Mammal Science**, v. 30, n. 4, p. 1573–1580, 7 mar. 2014.

TOBIAS, J. A. et al. Species interactions and the structure of complex communication networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 3, p. 1020–1025, 6 jan. 2014.

TONOLLA, D. et al. A field-based investigation to examine underwater soundscapes of five common river habitats. **Hydrological Processes**, v. 24, n. 22, p. 3146–3156, 29 maio 2010.

**URICK, R. J. Principles of Underwater Sound. New York: McGraw-Hill, 1975.** [s.l: s.n.].

VAN GINKEL, C. et al. Whistling in a noisy ocean: bottlenose dolphins adjust whistle frequencies in response to real-time ambient noise levels. **Bioacoustics**, v. 27, n. 4, p. 391–405, 23 ago. 2017.

VAN OPZEELAND, I.; BOEBEL, O. Marine soundscape planning: Seeking acoustic niches for anthropogenic sound. **Journal of Ecoacoustics**, v. 2, p. 5GSNT8, 29 mar. 2018.

VAN PARIJS, S. M. et al. NOAA and BOEM Minimum Recommendations for Use of Passive Acoustic Listening Systems in Offshore Wind Energy Development Monitoring and Mitigation Programs. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 27 out. 2021.

VAN PARIJS, S. M.; CORKERON, P. J. Vocalizations and Behaviour of Pacific Humpback Dolphins *Sousa chinensis*. **Ethology**, v. 107, n. 8, p. 701–716, 12 ago. 2001.

VILLANUEVA-RIVERA, L. J. Eleutherodactylusfrogs show frequency but no temporal partitioning: implications for the acoustic niche hypothesis. **PeerJ**, v. 2, p. e496, 22 jul. 2014.

VON FERSEN, L.; KAMMINGA, C.; SEIDL, A. **Estudios preliminares sobre el comportamiento de un ejemplar de franciscana (*Pontoporia blainvillei*) en Mundo Marino, Argentina (DT10)**. Buenos Aires, Argentina: Report of the third workshop for coordinated research and conservation of the franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) in the southwestern Atlantic, 1997.

WANG, D.; WURSIG, B.; EVANS, W. E. Whistles of bottlenose dolphins: Comparisons among populations. **Aquatic Mammals**, v. 21, p. 65–77, 1995.

WATKINS, W. A. et al. STENO BREDANENSIS IN THE MEDITERRANEAN SEA. **Marine Mammal Science**, v. 3, n. 1, p. 78–82, jan. 1987.

WATKINS, W. A.; SCHEVILL, W. E.; BEST, P. B. Underwater Sounds of *Cephalorhynchus heavisidii* (Mammalia:Cetacea). **Journal of Mammalogy**, v. 58, n. 3, p. 316–320, 20 ago. 1977.

WATWOOD, S. L. et al. Signature whistle use by temporarily restrained and free-swimming bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Animal Behaviour**, v. 69, n. 6, p. 1373–1386, jun. 2005.

WATWOOD, S. L.; TYACK, P. L.; WELLS, R. S. Whistle sharing in paired male bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 55, n. 6, p. 531–543, 1 abr. 2004.

WEISS, S. G. et al. Monitoring the acoustic ecology of the shelf break of Georges Bank, Northwestern Atlantic Ocean: New approaches to visualizing complex acoustic data. **Marine Policy**, v. 130, p. 104570, ago. 2021.

WIERSMA, H. Investigations on cetacean sonar IV: a comparison of wave shapes of odontocete sonar signals. **Aquatic Mammals**, v. 9, n. 2, p. 57–67, 1982.

WILSON, K. et al. Potential for grouper acoustic competition and partitioning at a multispecies spawning site off Little Cayman, Cayman Islands. **Marine Ecology Progress Series**, v. 634, p. 127–146, 23 jan. 2020.

YUN, S. et al. Quantifying Soundscapes in the Ross Sea, Antarctica Using Long-Term Autonomous Hydroacoustic Monitoring Systems. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 4 nov. 2021.

**APÊNDICE** – Informações de gravações das cinco espécies

Cada tabela contém as informações das gravações coletadas das espécies: *Stenella frontalis*, *Sotalia guianensis*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *Pontoporia Blainvillei*; contendo data da gravação, tamanho do grupo gravado, presença ou ausência de filhotes, comportamento do grupo e taxa de amostragem utilizada pelo gravador.

Tabela 9 - Informações das gravações de *Stenella frontalis*.

<b>Data</b>	<b>Tamanho de grupo</b>	<b>Presença de filhotes</b>	<b>Comportamento</b>	<b>Taxa de amostragem</b>
24/08/2017	100	S	Deslocamento	192 kHz
21/09/2017	40	S	Alimentação	192 kHz
04/10/2017	150	S	Deslocamento	288 kHz
05/10/2017	-	N	-	288 kHz
19/10/2017	50-100	N	Alimentação	192 kHz
25/05/2018	100	N	Desloc./Socialização	192 kHz
20/06/2018	-	N	-	288 kHz
21/06/2018	-	N	-	288 kHz
23/08/2018	9-200	N	Alimentação	288 kHz
10/01/2019	100	N	Deslocamento	192 kHz
24/04/2019	100	S	Aliment./Desloc.	192 kHz
28/05/2019	200	S	Deslocamento	192 kHz
17/06/2019	-	-	-	96 kHz
18/06/2019	-	-	-	96 kHz
30/07/2019	80	S	Deslocamento	192 kHz
17/09/2019	40	S	Alimentação	192 kHz
08/01/2020	-	-	-	192 kHz
26/05/2022	-	-	-	192 kHz
09/12/2022	30	-	Deslocamento	192 kHz

Tabela 10 - Informações das gravações de *Sotalia guianensis*.

<b>Data</b>	<b>Tamanho de grupo</b>	<b>Presença de filhotes</b>	<b>Comportamento</b>	<b>Taxa de amostragem</b>
16/10/2013	15	S	Alimentação	96 kHz
17/10/2013	6	S	Alimentação	96 kHz
24/01/2014	16 - 200	S	Desloc./Aliment.	96/192 kHz
27/02/2014	200	N	Alimentação	192 kHz
27/03/2014	-	-	Aliment./Desloc.	96/192 kHz
07/05/2014	-	-	Deslocamento	96/192 kHz
24/07/2014	-	-	-	192 kHz
08/11/2016	60	S	Deslocamento	96/192 kHz
22/02/2017	-	-	Alimentação	96/192 kHz
21/06/2017	100	N	Aliment./Desloc.	96/192 kHz
13/12/2017	200	S	Alimentação	96/192 kHz
14/12/2017	200	S	Aliment./Desloc.	192 kHz
22/01/2018	70	S	Aliment./Desloc.	192 kHz
23/01/2018	25	S	Alimentação	192 kHz
22/02/2018	16	S	Alimentação	192 kHz
23/02/2018	100	N	Alimentação	192 kHz
01/03/2018	100	S	Aliment./Desloc.	192 kHz
25/04/2018	100-200	S	Aliment./Desloc.	192 kHz
26/04/2018	100	S	Deslocamento	192 kHz
28/06/2018	50	S	Alimentação	192 kHz
20/07/2018	100	N	Alimentação	192 kHz
21/07/2018	30	S	Alimentação	192 kHz
20/08/2018	100	S	Deslocamento	192 kHz
21/08/2018	100	N	Alimentação	192 kHz
19/10/2018	100	S	Alimentação	192 kHz
22/10/2018	200	S	-	192 kHz

Tabela 10 - Continuação. Informações das gravações de *Sotalia guianensis*.

<b>Data</b>	<b>Tamanho de grupo</b>	<b>Presença de filhotes</b>	<b>Comportamento</b>	<b>Taxa de amostragem</b>
30/11/2018	100	S	Deslocamento	192 kHz
11/12/2018	10	S	Alimentação	192 kHz
08/01/2019	50	S	Deslocamento	192 kHz
09/01/2019	30	S	Deslocamento	192 kHz
10/01/2019	50	S	Deslocamento	192 kHz
15/01/2019	100	S	Deslocamento	192 kHz
20/02/2019	100	S	Alimentação	192 kHz
22/02/2019	50-100	S	Alimentação	192 kHz
26/03/2019	15	S	Deslocamento	192 kHz
27/03/2019	100	S	Aliment./Desloc.	192 kHz
23/04/2019	8	N	Alimentação	192 kHz
25/04/2019	20-200	S	Deslocamento	192 kHz
23/05/2019	50-100	S	Deslocamento	192 kHz
28/06/2019	25-50	S	Aliment./Desloc.	192 kHz
30/10/2019	200	S	Deslocamento	192 kHz
12/12/2019	6	N	Alimentação	192 kHz
29/01/2020	100	S	Alimentação	192 kHz
10/08/2021	100-300	N	Aliment./Desloc.	192 kHz
11/08/2021	30-100	N	Aliment./Desloc.	192 kHz
26/05/2021	-	-	-	192 kHz
26/05/2022	-	-	-	192 kHz
09/12/2022	-	-	-	500 kHz
15/11/2023	9	S	Deslocamento	500 kHz

Tabela 11 - Informações das gravações de *Steno bredanensis*.

<b>Data</b>	<b>Tamanho de grupo</b>	<b>Presença de filhotes</b>	<b>Comportamento</b>	<b>Taxa de amostragem</b>
18/10/2013	15-30	S	Aliment./Desloc.	96 kHz
13/11/2013	11	N	Alimentação	192 kHz
13/12/2013	40	S	A./D./M.	96/192 kHz
28/03/2014	13	S	Aliment./Desloc.	96/192 kHz
13/01/2020	4	N	Aliment./Desloc.	192 kHz

Tabela 12 - Informações das gravações de *Tursiops truncatus*.

<b>Data</b>	<b>Tamanho de grupo</b>	<b>Presença de filhotes</b>	<b>Comportamento</b>	<b>Taxa de amostragem</b>
13/11/2013	5	S	Descanso	192 kHz
26/01/2017	5	N	-	96 kHz
18/04/2019	12	S	Deslocamento	192 kHz
14/02/2023	~150	S	Deslocamento/Alimentação	500 kHz

Tabela 13 - Informações das gravações de *Pontoporia Blainvillei*.

<b>Data</b>	<b>Tamanho de grupo</b>	<b>Presença de filhotes</b>	<b>Comportamento</b>	<b>Taxa de amostragem</b>
24/11/20	-	-	-	288 kHz
25/11/20	-	-	-	288 kHz
26/11/20	-	-	-	288 kHz
<b>07/06/21</b>	4 a 8	N	Deslocamento/Alimentação	288 kHz
<b>08/06/21</b>	11	N	NI	288 kHz
<b>09/06/21</b>	-	-	-	288 kHz
24/06/21	-	-	-	288 kHz
25/06/21	-	-	-	288 kHz
<b>11/08/21</b>	2	N	Deslocamento/Alimentação	288 kHz
18/08/21	-	-	-	288 kHz
02/09/21	-	-	-	288 kHz
28/11/21	-	-	-	288 kHz
29/11/21	-	-	-	288 kHz
<b>26/05/22</b>	-	-	-	500 kHz
<b>09/12/22</b>	-	-	-	500 kHz
<b>15/11/2023</b>	9	S	Deslocamento	500 kHz
<b>16/11/2023</b>	3	N	Deslocamento	500 kHz

\*Estão em negrito as gravações realizadas durante as saídas de campo.