

PATRÍCIA COUTINHO MÜLLER

**Monitoramento acústico passivo de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) na ESEC
Tupinambás, São Paulo**

São Paulo

2023

PATRÍCIA COUTINHO MÜLLER

**Monitoramento acústico passivo de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) na ESEC
Tupinambás, São Paulo**

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Marcos César de Oliveira Santos

São Paulo

2023

MÜLLER, Patrícia Coutinho. **Monitoramento acústico passivo de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) na ESEC Tupinambás, São Paulo**. Dissertação (Mestrado) apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Aprovado em: ___/___/_____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____ Instituição _____

Julgamento _____ Assinatura _____

Dedico este trabalho à minha família e amigos,
que sempre me deram todo apoio e carinho durante a
elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me abençoar todos os dias, guiar os meus passos e colocar pessoas incríveis no meu caminho.

Aos meus pais, Carlos e Zuila, e meu irmão Daniel, por serem meu eterno porto seguro e por todo o amor e carinho que sempre tivemos uns com os outros.

Agradeço às minhas famílias Coutinho e Müller, que são maravilhosas e desde sempre torcem muito pelo meu sucesso.

Agradeço também ao meu orientador, Marcos, além do que palavras podem expressar, pela oportunidade, direcionamento e ensinamento. Agradeço pela imensa e indescritível compreensão que me foi dada no momento em que mais precisei. A pandemia me trouxe questões difíceis de lidar e pude contar com um orientador que foi importante nesse processo e demonstrou muita sensibilidade e um profundo respeito pela minha situação e meu tempo. Agradeço por todas as palavras de incentivo e pelo grande apoio.

Ao Diogo por ser um dos primeiros a me passar muito conhecimento sobre o mundo da acústica, pela ida a campo, pelos conselhos, dúvidas respondidas e orientação.

Ao Instituto Oceanográfico, pela oportunidade de realização do mestrado e por toda a infraestrutura em São Paulo e em Ubatuba.

À toda equipe do LABCMA: Débora, Rodrigo, Amanda, Madá, Laurinha e Aninha, por terem me recebido de braços abertos e dado todo o acolhimento que eu nem imaginaria ter. Essa experiência foi muito melhor por tê-los conhecido e ter tido a oportunidade de vivenciar momentos incríveis com vocês.

À Ana e Daniel da secretaria da CPG por sempre serem muito solícitos e gentis e me auxiliarem de todas as formas possíveis.

Ao Vagner, pelo acompanhamento nos últimos três anos. Não tenho a menor dúvida de que tenho evoluído bastante e, sem dúvidas, você faz parte das minhas conquistas.

Aos meus queridos "Ticos-ticos": Débora, Jams, Bia, Derley, Tony, Basílio e Luanny, por todos os momentos de alegria e diversão que vivemos juntos em São Paulo nesses anos.

Agradeço também aos meus amigos-irmãos do 13C: Matheus, Lucas, Pet e Ivi, pela família que nos tornamos desde que viemos pra São Paulo. Todo o suporte, todas as conversas e momentos vívidos ficarão para sempre no meu coração.

Agradeço aos meus amigos de Belém: Danilo, Fernanda, Matheus, Artur, Jacque, Macy, Herbert, Ivson, Léo, Marcos, Suicy, Mica, Yago N., Yago B., Midori e Carla por mesmo de longe terem demonstrado um grande apoio durante essa fase.

Uma menção muito especial aos amigos que a canoagem me deu, Tati, Robs, Andrey, Rogério, Ewerton, Paulo, André, Jannifer, Jaque, Camille, Júlia, Mery, Dudu, João, Iuri, Camila, Lúcia, Dina, Júnior, Tati Blanco, Inácio e Márcia. Minha vida não foi mais a mesma depois de conhecer vocês, esse esporte incrível e a minha base do coração: Amazônia Va'a.

Agradeço à Andréa, que me ensinou muito mais que acústica de cetáceos e foi uma grande mentora.

Um agradecimento muito especial ao Lucas, Vanessa, Danúbia, Michelly, Duda, Cássia, Igor, Ana e Daphne porque apesar da distância, sempre se fizeram presentes na minha vida e foram extremamente importantes para que eu chegasse até aqui. Obrigada por tantos momentos maravilhosos, telefonemas intermináveis e conselhos preciosos!

Por fim, e não menos importante, meu profundo agradecimento à família Branco: Felps, Allan, Lena, Marcelo, Lorena, Fernando e Charlotte, por serem a minha família paraense em São Paulo e terem me recebido em sua casa e cuidado desde que cheguei.

Tantas pessoas maravilhosas passaram pela minha vida nos últimos anos e só tenho a agradecer. Cada detalhe foi importante para que chegasse até aqui, pois sozinha eu jamais conseguiria.

Portanto, de todo o meu coração: muito obrigada!!!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Mire na lua.
Mesmo que você erre cairá entre as estrelas.
(PEALE, Norman, 1988)

RESUMO

MÜLLER, Patrícia Coutinho. **Monitoramento acústico passivo de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) na ESEC Tupinambás, São Paulo**. 2023. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

A toninha (*Pontoporia blainvillei*), é uma espécie de pequeno cetáceo endêmica do Oceano Atlântico Sul Ocidental. Seu hábito de vida costeiro a torna bastante suscetível a efeitos negativos associados a atividades antrópicas de regiões costeiras. A coloração críptica associada ao pequeno tamanho corporal e ausência de comportamento aéreo torna as toninhas animais difíceis de ser avistados em seu ambiente natural. Assim, estudos acústicos são uma alternativa importante para contornar essas dificuldades. Dessa forma, o objetivo deste estudo é registrar os sons emitidos pelas toninhas na Estação Ecológica Tupinambás (Ilha das Cabras) para descrever seus parâmetros acústicos nas diferentes estações do ano de 2019 no litoral norte do Estado de São Paulo. Para a coleta dos dados, um hidrofone acoplado a um gravador acústico foi fixado no cabo principal de um fundeio oceanográfico instalado na Ilha das Cabras, Ubatuba (23° 31' S 45° 02' O). As gravações foram realizadas em taxa de amostragem de 288 kHz 16-bit, utilizando o gravador acústico DSG-ST 202STD da *Loggerhead Instruments*, com amplificação de 33 dB (~168dB re 1µPa *clip level*). Acoplado ao gravador, foi utilizado um hidrofone omnidirecional HTI-99HF, com sensibilidade de -204 dB 1µPa e frequência resposta entre 2 Hz – 125 kHz. Os dados de áudio foram triados em laboratório e os arquivos com emissões acústicas de toninhas foram separados dos demais para posterior extração de variáveis acústicas (frequência mínima, frequência de pico, frequência central, intervalo entre cliques, duração do trem e número de cliques por trem). As emissões sonoras de *P. blainvillei* foram detectadas em 93% do período analisado, sendo mais frequentes durante a primavera e menos frequentes no verão. Os eventos de detecção ocorreram de forma equilibrada entre o período diurno e noturno e, no total das quatro estações, os cliques de ecolocalização foram predominantes (82%) em relação aos sons explosivos (18%). Não foi observada uma relação entre o período do dia e o tipo de som emitido. Além disso, o inverno foi o período com os maiores valores médios de frequência mínima, frequência de pico e frequência central dos cliques de ecolocalização.

Palavras-chave: Odontoceto. Ecolocalização. Sons explosivos. Cliques. MAP.

ABSTRACT

MÜLLER, Patrícia Coutinho. **Passive acoustic monitoring of the franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) at Tupinambás Ecological Station, São Paulo.** 2023. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

The franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) is a species of small cetacean endemic to the southwestern South Atlantic Ocean. Its coastal lifestyle makes it particularly susceptible to negative effects associated with anthropogenic activities in coastal areas. The cryptic coloration associated with its small body size and lack of aerial behavior makes it difficult to spot franciscana dolphins in their natural habitat. Therefore, acoustic studies are an important alternative to overcome these difficulties. Thus, the objective of this study is to record the sounds emitted by franciscana dolphins at the Tupinambás Ecological Station (Cabras Island) to describe their acoustic parameters during different seasons of 2019 on the northern coast of São Paulo state. To collect the data, a hydrophone attached to an acoustic recorder was fixed on the main cable of an oceanographic anchor installed at Cabras Island, Ubatuba (23° 31' S 45° 02' W). Recordings were made at a sampling rate of 288 kHz 16-bit, using the DSG-ST 202STD acoustic recorder from Loggerhead Instruments, with amplification of 33 dB (~168dB re 1µPa clip level). Attached to the recorder was an HTI-99HF omnidirectional hydrophone, with a sensitivity of -204 dB 1µPa and frequency response between 2 Hz – 125 kHz. The audio data were sorted in the laboratory, and the files containing franciscana's acoustic emissions were separated from the others for subsequent extraction of acoustic variables (minimum frequency, peak frequency, central frequency, inter-click interval, click train duration, and number of clicks per train). *P. blainvillei* sound emissions were detected in 93% of the analyzed period, being more frequent during the spring and less frequent in the summer. Detection events occurred evenly between the daytime and nighttime periods, and across all four seasons, echolocation clicks were predominant (82%) compared to burst sounds (18%). There was no observed relation between the time of day and the type of sound emitted. Additionally, winter had the highest mean values for minimum frequency, peak frequency, and central frequency of echolocation clicks.

Keywords: Odontocete. Echolocation. Clicks. Burst pulses. PAM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de <i>Pontoporia blainvillei</i> capturados acidentalmente por redes de pesca.	16
Figura 2 - Localização da área de estudo: fundeio na ESEC Tupinambás, Ilha das Cabras (triângulo vermelho), litoral norte do Estado de São Paulo.	22
Figura 3 - Diagrama de representação da presença e ausência de toninhas durante os 30 dias de monitoramento em cada estação, <i>Pontoporia blainvillei</i> , em 2019 na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo. A cor azul representa a presença de <i>P. blainvillei</i> e branco representa a ausência. V: verão; O: out; I: inverno; P: primavera.	25
Figura 4 - Representação de cliques de ecolocalização de <i>Pontoporia blainvillei</i> registrados em outubro de 2019 no litoral norte de São Paulo, próximo à Ilha das Cabras. Espectrograma (a) que mostra a relação entre frequência e tempo (Janela Hann, FFT:1024) e oscilograma (b) que mostra a relação entre amplitude e tempo.	26
Figura 5 - Representação de cliques sons explosivos de <i>Pontoporia blainvillei</i> registrados em outubro de 2019 no litoral norte de São Paulo, próximo à Ilha das Cabras. Espectrograma (a) que mostra a relação entre frequência e tempo (Janela Hann, FFT:1024) e oscilograma (b) que mostra a relação entre amplitude e tempo.	27
Figura 6 - Quantidade de trens de cliques de toninhas no período do dia e da noite em cada estação na região da Ilha das Cabras.	28
Figura 7 - Quantidade de eventos de detecções de toninhas (<i>Pontoporia blainvillei</i>) por dia durante o verão na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2019.	30
Figura 8 - Duração dos eventos de detecções de toninhas (<i>Pontoporia blainvillei</i>) por dia durante o verão na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2019.	30
Figura 9 - Quantidade de eventos de detecções de toninhas (<i>Pontoporia blainvillei</i>) por dia durante o outono na região da Ilha das Cabras litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de abril de 2019.	32
Figura 10 - Duração dos eventos de detecções de toninhas (<i>Pontoporia blainvillei</i>) por dia durante o outono na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de abril de 2019.	33
Figura 11 - Quantidade de eventos de detecções de toninhas (<i>Pontoporia blainvillei</i>) por dia durante o inverno na região da Ilha das Cabras litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de julho de 2019.	35

Figura 12 - Duração dos eventos de detecções de toninhas (<i>Pontoporia blainvillei</i>) por dia durante o inverno na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de julho de 2019.	35
Figura 13 - Quantidade de eventos de detecções de toninhas por dia durante a primavera na região da Ilha das Cabras em 2019.	37
Figura 14 - Duração dos eventos de detecções de toninhas (<i>Pontoporia blainvillei</i>) por dia durante a primavera na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de outubro de 2019.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de dias, horas e arquivos gravados na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, entre janeiro e outubro de 2019.	25
Tabela 2 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de cliques de ecolocalização de toninhas (n= 203) registrados nos meses de janeiro e fevereiro na região da Ilha das Cabras em 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).	29
Tabela 3 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de sons explosivos de toninhas (n= 12) registrados nos meses de janeiro e fevereiro na região da Ilha das Cabras em 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).	29
Tabela 4 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de cliques de ecolocalização de toninhas (n= 564) registrados na região da Ilha das Cabras em abril de 2019. (ICI= intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).	31
Tabela 5 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de sons explosivos de toninhas (n= 47) registrados na região da Ilha das Cabras em abril de 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = Frequência mínima; Fpico = Frequência de pico; Fcent = frequência cenrtal).	32
Tabela 6 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de cliques de ecolocalização de toninhas (n= 285) registrados na região da Ilha das Cabras em julho de 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).	34
Tabela 7 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de sons explosivos de toninhas (n= 13) registrados na região da Ilha das Cabras em julho de 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).	34
Tabela 8 - Tabela 8 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de cliques de ecolocalização de toninhas (n= 94)	

registrados na região da Ilha das Cabras em outubro de 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).	36
Tabela 9 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média ± desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de sons explosivos de toninhas (n= 37) registrados na região da Ilha das Cabras em outubro de 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).	37
Tabela 10 - Parâmetros acústicos das emissões sonoras de toninhas obtidos de estudos publicados. Estatística descritiva (média ± desvio padrão) foi realizada para o número de trens analisados (N), o número de cliques por trem (N cliques), frequência mínima da emissão sonora (Fmín), frequência máxima (Fmáx), frequência central (Fcent), frequência de pico (Fpico), duração do trem (Dur) e intervalo entre cliques (ICI). Dados obtidos de: A= Melcón et al. 2012; B= Tellechea; Norbis 2014; C= Melcón et al. 2016; D= Tellechea et al. 2016; E= Cremer et al. 2017; F= Barcellos; Santos 2021; G ¹ = Paitach et al. 2021 (Baía da Babitonga); G ² = Paitach et al. 2021 (Praia de Itapirubá).	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVO	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO	21
3.2 COLETA DE DADOS	22
3.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	23
4 RESULTADOS	25
5 DISCUSSÃO	40
6 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O oceano abriga uma grande diversidade de espécies que, ao longo de anos de evolução, desenvolveram uma série de mecanismos morfológicos, fisiológicos e comportamentais para perceber o ambiente, capturar presas com maior eficiência e fugir de predadores (WILGA et al., 2007; FERRY-GRAHAM; LAUDER, 2001; PILLERI, 1990). No ambiente aquático, a visão pode se tornar um sentido limitado devido a atenuação ou ausência de luz solar abaixo da zona fótica e nas regiões com alta turbidez. Dessa forma, muitos organismos marinhos utilizam alternativas para orientação e sobrevivência neste ambiente (NEWTON et al., 2019; JOHANNESSEN et al., 2012; JOHNSON et al., 2004).

O som é uma das formas de energia que se propaga com mais eficiência no ambiente aquático, que se torna um importante meio de comunicação no oceano. A velocidade de propagação é quatro vezes maior que no ar e dependendo das propriedades acústicas do sedimento e da água, além da frequência da emissão sonora, pode se propagar por centenas de quilômetros (TYACK; MILLER, 2002).

Algumas espécies de peixes, por exemplo, são capazes de determinar a localização de fontes sonoras, o que as permite identificar potenciais predadores nas proximidades e então fugir em outra direção (HAWKINS; POPPER, 2018). Invertebrados, por sua vez, também podem detectar o som subaquático, como acontece, por exemplo, com os estágios larvais de determinadas espécies de caranguejos que utilizam fontes sonoras subaquáticas para se orientar em relação à costa (JEFFS et al., 2003). Os cetáceos também representam um grupo de organismos muito conhecido por utilizar a produção e recepção de som como o principal meio de navegação, comunicação e sobrevivência no ambiente marinho (TYACK, 1997; BRANSTETTER; MERCADO, 2006).

Os cetáceos formam o grupo mais diverso de mamíferos aquáticos e estão divididos em duas subordens: Mysticeti ou misticetos, com 15 espécies viventes, e Odontoceti ou odontocetos, com 77 espécies viventes (COMITTEE ON TAXONOMY, 2022). Os misticetos possuem dois orifícios respiratórios e utilizam placas de barbatanas compostas de queratina para realizar a filtração e retenção do alimento, em contrapartida, os odontocetos possuem somente um orifício respiratório e utilizam dentes para captura e apreensão do alimento (BALLANCE, 2009; BANNISTER, 2009). Atualmente, foi reportada a ocorrência de 47 espécies de cetáceos em águas brasileiras (ICMBio, 2019).

A toninha, *Pontoporia blainvillei* (GERVAIS; D'ORBIGNY, 1844), também conhecida como franciscana, é um pequeno cetáceo pertencente à subordem Odontoceti e à família

Pontoporiidae (Figura 1). É uma espécie endêmica de ambientes costeiros e estuarinos do Oceano Atlântico Sul Ocidental, cuja distribuição compreende a área de Itaúnas (18° 25' S, 30° 42' O) no Estado do Espírito Santo, ao Golfo San Matías (42°35'S,64°48'O) na Argentina (CRESPO et al., 1998). Porém, esta distribuição não é contínua ao longo dos seus limites norte e sul de ocorrência, havendo dois hiatos registrados na costa sudeste do Brasil: o primeiro compreende a região entre a desembocadura do rio Piraquê-Açu (19°57'S) no Estado do Espírito Santo e Barra de Itabapoana (21°18'S) no Estado do Rio de Janeiro e o segundo compreende a região entre Armação dos Búzios (22°44'S) e Piraquara de Dentro (22°59'S) no Estado do Rio de Janeiro (DO AMARAL et al., 2018). Estes hiatos estão possivelmente relacionados às características do ambiente em que a espécie vive, como a temperatura da água, profundidade e salinidade da água (SICILIANO et al., 2002; DO AMARAL et al., 2018).

Figura 1 - Exemplos de *Pontoporia blainvillei* capturados acidentalmente por redes de pesca.



Fonte: acervo Laboratório de Biologia da Conservação de Mamíferos Aquáticos (LABCMA).

O habitat preferencial das toninhas inclui regiões costeiras de águas geralmente rasas e turvas, dentro da isóbata de 30 metros na plataforma continental, geralmente associadas à desembocadura de rios e estuários (SICILIANO et al., 2002). Dessa forma, estão bastante suscetíveis aos efeitos negativos associados às atividades antrópicas de regiões costeiras como a pesca comercial, tráfego de embarcações e poluição marinha.

Capturas acidentais por redes de pesca foram registradas em toda a sua região de distribuição (RAMOS et al., 2000; RODRIGUEZ et al., 2002; DANILEWICZ et al., 2009),

constituindo a atividade pesqueira como o maior fator de risco à conservação de *P. blainvillei* (OTT et al., 2002). Atualmente a toninha está classificada como uma espécie “vulnerável” no Livro Vermelho de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (ZERBINI et al., 2017) e "criticamente em perigo de extinção" na Lista Nacional da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2014). Possivelmente, a extinção da toninha poderá provocar alterações na composição e na abundância de espécies dos ecossistemas marinhos costeiros que estão compreendidos em sua área de distribuição, além de representar a perda de uma linhagem evolutiva única dentre os cetáceos (DI BENEDETTO et al., 2005).

Grande parte do conhecimento sobre as toninhas foi obtido por meio de estudos em animais presos em redes de pesca (DANILEWICZ et al., 2009; DENUNCIO et al., 2011; BARBOSA et al., 2018), pois a coloração críptica associada ao pequeno tamanho corporal e a ausência de comportamento aéreo torna as toninhas difíceis de serem avistadas em seu ambiente natural em toda a sua área de distribuição. Neste cenário, os estudos acústicos representam uma alternativa importante para contornar as dificuldades em investigar a toninha em seu habitat. Entretanto, ainda pouco se sabe a respeito do seu repertório acústico.

Somente na década de 1970 foi publicado o primeiro estudo de acústica de toninhas, mesmo com recursos tecnológicos limitados de gravação disponíveis, foram obtidos os primeiros registros de cliques de ecolocalização de alguns indivíduos de ambiente natural no Uruguai (BUSNEL et al., 1974). A partir daquele passo inicial, somente em 2012 novos estudos de acústica de toninhas foram publicados. Melcón et al. (2012; 2016) analisaram cliques de ecolocalização de *P. blainvillei* do estuário do Rio Negro, Argentina. Foram registrados picos de frequência de 142 kHz, largura de banda estreita (19 kHz) e variação de frequência entre 130 e 149 kHz. Os indivíduos amostrados produziram sons de alta frequência em largura de banda estreita (NBHF, em língua inglesa, *Narrow Band High Frequency*), similar a alguns espécimes do gênero *Cephalorhynchus* (KYHN et al., 2010).

O uso de equipamentos acústicos para reduzir incidentes de captura de cetáceos em redes de pesca é uma das estratégias que têm sido estudadas para mitigar a mortalidade de indivíduos dessa espécie (BORDINO et al., 2012), uma vez que centenas de toninhas morrem a cada ano como consequência de capturas acidentais por redes de pesca.

Informações do comportamento acústico poderão ser utilizadas para compreender que tipos de sons emitem e prever quais sons potencialmente as atraem para o desenvolvimento de metodologias que previnem a mortalidade do indivíduo. Para espécies que são difíceis de serem avistadas em ambiente natural, como é o caso das toninhas, o uso do método de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) é uma valiosa fonte de informações que também podem ser utilizadas

para a elaboração de estratégias visando a conservação dos estoques populacionais da espécie. Este método consiste na utilização de sistemas autônomos que armazenam dados acústicos no meio terrestre ou aquático e tem sido efetivamente utilizado para detecção de mamíferos marinhos (DEDE et al. 2013, TODD et al. 2020), principalmente devido à vantagem de obter dados de longas séries temporais e em ambientes com condições de baixa visibilidade (VAN PARIJS et al. 2009).

Para analisar a ontogenia dos sinais acústicos emitidos por indivíduos da espécie, Tellechea e Norbis (2014) registraram, em cativeiro, cliques de ecolocalização de neonatos de toninhas com duas semanas de vida. Tellechea et al. (2017) analisaram cliques de ecolocalização e sons explosivos de toninhas da região de Santa Lucia del Este, do estuário Rio de la Plata, Uruguai. Até então o uso de sinais acústicos para a comunicação, como por exemplo os assobios, eram desconhecidos para indivíduos da espécie. Cremer et al. (2017) descreveram pela primeira vez assobios de *P. blainvillei*, simultâneos aos sinais de sons explosivos no estuário da Baía de Babitonga, Brasil. A frequência fundamental dos assobios variou entre 1,6 e 94,6 kHz. Os assobios registrados foram menos frequentes em relação aos cliques de ecolocalização e aos sons explosivos.

Além disso, Barcellos e Santos (2021) caracterizaram os cliques de ecolocalização e sons explosivos de toninhas pela primeira vez na região do litoral norte de São Paulo, observando uma ligeira diferença em relação aos parâmetros acústicos de outras regiões. Paitach et al. (2021) realizaram um estudo comparativo de emissões sonoras de toninhas em dois ambientes distintos, estuário e mar aberto, no litoral brasileiro, e constataram que a principal diferença reside no espectro de frequência do clique, com um alcance maior dos valores de frequência máxima e mínima no ambiente estuarino. Por fim, Paitach et al. (2022) estudaram o uso de área e distribuição de *P. blainvillei* durante o inverno e a primavera na região da Baía da Babitonga, costa brasileira, e observaram que as toninhas permaneceram nas áreas de maior ocorrência principalmente pela manhã e possuem uma preferência por áreas mais planas e com solo arenoso.

É importante mencionar a dificuldade de registrar sinais acústicos de *P. blainvillei*. Primeiramente por conta das altas frequências utilizadas por indivíduos da espécie na ecolocalização, o que faz necessário o uso de hidrofones com maior sensibilidade a frequências mais altas e a necessidade de utilizar gravadores com taxa de gravação capaz de registrar os sinais acústicos. Além disso, devido à rápida atenuação das frequências altas na água, a taxa de detecção dos sinais acústicos emitidos pela toninha é mais restrita em relação a outras espécies (URICK, 1975). Frequências altas geralmente implicam em largura de feixe espectral estreito,

o que leva novamente a uma menor probabilidade de detecção visual em espectrograma dos cliques de ecolocalização destes animais.

Em geral, indivíduos de *P. blainvillei* se deslocam em grupos relativamente pequenos, indicando que não são vocalmente e socialmente ativos, tornando ainda maior o desafio de registros acústicos. De acordo com Melcón et al. (2012) as toninhas não são avistadas em regiões com muito ruído acústico, por isso a escolha de estudos direcionados a uma melhor descrição das emissões sonoras da espécie devem preferencialmente ser desenvolvidos em áreas protegidas com menor impacto sonoro de atividades humanas. Ademais, ruídos geofônicos (sons de um ambiente natural não emitido por organismos vivos, como ventos ou ondas) e biofônicos (sons de origem biológica) tendem a mascarar os cliques de ecolocalização e seus ecos podem ser mais sensíveis a estes tipos de ruídos. Sendo assim, essas interferências devem sempre ser avaliadas nos estudos com foco em detecção de emissões sonoras cetáceos em áreas costeiras.

A partir de estudos sobre o uso de área por indivíduos de *P. blainvillei* através de telemetria via satélite, toninhas da região norte e sul argentinas e do litoral sul brasileiro demonstraram alta fidelidade em relação ao local em que vivem, com áreas de uso de aproximadamente 133 km² e 463 km² na costa da Argentina e uma área de 6,2 km² no litoral brasileiro (WELLS et al., 2021), indicando que pode haver um nível de isolamento entre populações de diferentes regiões.

Alguns trechos do litoral norte do Estado de São Paulo apresentam particularidades interessantes para o desenvolvimento de estudos baseados na aplicação de monitoramento acústico com o enfoque na detecção da presença de cetáceos. Na Estação Ecológica Tupinambás (ESEC) e áreas ao redor, a presença de algumas espécies de cetáceos, já foi previamente notificada (SANTOS et al., 2010; SANTOS et al., 2019), já que essa área possui uma grande disponibilidade de recursos alimentares, associadas a algumas unidades de conservação marinhas que podem oferecer condições mais propícias à reprodução e à proteção de cetáceos com áreas de vida relativamente pequenas contra interações acidentais com petrechos de pesca (ICMBio, 2020).

Desse modo, os sons emitidos pelas toninhas na ESEC Tupinambás foram analisados sazonalmente para avaliar o seu modo de uso da área. Seriam as toninhas presentes em todas as estações do ano na área de estudo? Haveria um padrão sazonal de maior detecção de emissões sonoras?

2 OBJETIVO

Diante ao cenário exposto, o objetivo deste estudo é registrar os sons emitidos pelas toninhas (*Pontoporia blainvillei*) na Estação Ecológica Tupinambás (Ilha das Cabras) para descrever seus parâmetros acústicos nas diferentes estações do ano no litoral norte do Estado de São Paulo.

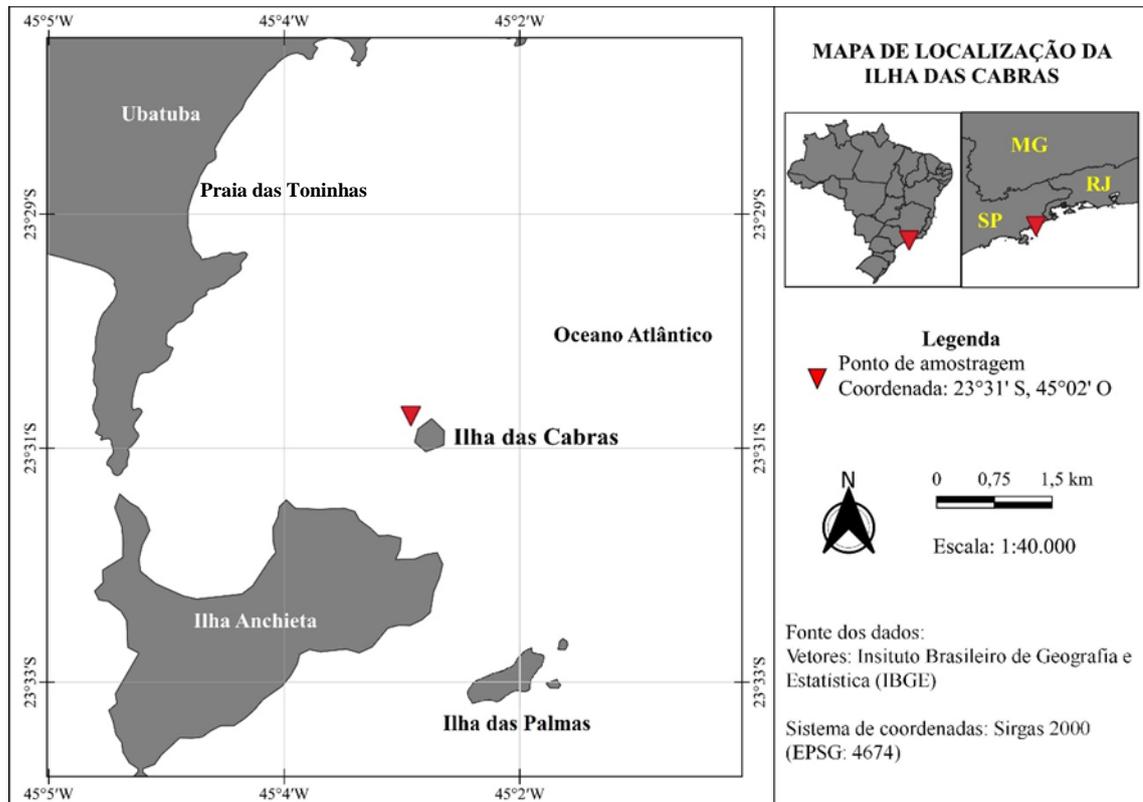
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo está situada no litoral do Estado de São Paulo, no setor 2 da Estação Ecológica (ESEC) Tupinambás (Figura 2). Esta ESEC é uma Unidade de Conservação Federal de proteção integral, exclusivamente marinha e insular, decretada em 20 de julho de 1987, sob administração do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Contempla um agrupamento de ilhas, ilhotas e parcéis que representam o soerguimento da Serra do Mar e funciona como importante registro da história evolutiva da Mata Atlântica. A Ilha das Cabras, ponto onde foi fixado um fundeio com um hidrofone, faz parte do arquipélago da Ilha Anchieta, situada na porção nordeste do arquipélago e possui uma área de aproximadamente 35.000 m².

Há uma mistura de três massas de água na região de estudo: a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) com baixas temperaturas (<15°C) e salinidade, a Água Tropical (AT) com alta salinidade (>35,7) e a Água Costeira (AC) com salinidade baixa, associada a altas temperaturas (22°C). Durante o verão, a ACAS predomina na camada subsuperficial (profundidades maiores que 20 metros) e ocorre uma mistura com a AC somente nas proximidades da costa. No inverno, a ACAS não penetra muito na plataforma continental e a AC domina na camada subsuperficial (CASTRO et al., 1987; CERDA; CASTRO, 2013).

Figura 2 - Localização da área de estudo: fundeio na ESEC Tupinambás, Ilha das Cabras (triângulo vermelho), litoral norte do Estado de São Paulo.



Fonte: Patrícia Müller

3.2 Coleta de dados

Para a coleta dos dados de acústica, as gravações foram realizadas em taxa de amostragem de 288 kHz 16-bit, utilizando o gravador acústico DSG-ST 202STD da *Loggerhead Instruments*, com amplificação de 33 dB (~168dB re 1 μ Pa *clip level*). Acoplado ao gravador, foi utilizado um hidrofone omnidirecional HTI-99HF, com sensibilidade de -204 dB 1 μ Pa e frequência resposta entre 2 Hz e 125 kHz. As gravações acústicas foram realizadas em programação de um minuto de duração em intervalos de quatro minutos, em taxa de amostragem de 288 kHz durante os meses de janeiro de 2019 a outubro de 2019.

O gravador acústico foi fixado com braçadeiras de nylon no cabo principal do fundeio oceanográfico instalado em 11 de janeiro de 2019 na Ilha das Cabras, Ubatuba (23° 31' S 45° 02' O). A profundidade total da região é de 12 metros e, desta forma, o equipamento foi anexado ao cabo do fundeio, em profundidade de 6 metros.

O equipamento acústico permaneceu em operação de 30 a 60 dias, sendo esta a estimativa de autonomia (estipulada pelo fabricante) de armazenamento de dados acústicos no cartão de memória utilizado (128 Gb). Após este período, o equipamento de gravação foi substituído por

outro com mesma programação de gravação. Os dados obtidos pelos gravadores DSGs foram descompactados e transformados em arquivos do tipo WAV utilizando o software SoundTrap Host versão 1.2.9.29427.

3.3 Processamento e análise dos dados

Os dados de áudio foram triados por meio de análise visual, onde cada arquivo foi explorado com uso do espectrograma em janela do tipo Hann, com definição de 1024 pontos FFT (Fast Fourier Transform) de amostras, com 144 kHz de resolução, com o uso do software Raven Pro 1.5 (Bioacoustics Research Program, Cornell University, 2019). Foram selecionados 30 dias representativos de cada estação do ano para o processamento e triagem dos dados, totalizando 120 dias de gravação.

Todos os arquivos passaram por um processo de triagem manual e aqueles que continham emissões sonoras de cetáceos odontocetos em taxa de frequência similar à das toninhas (MÉLCON et al., 2012) foram separados dos demais e avaliados em espectrograma. As detecções que possuíam sinais claros e com o mínimo de interferência foram selecionadas para posterior extração de variáveis acústicas. Foi adotada a definição de som explosivo por Lammers et al. (2003) para avaliação desses potenciais sinais acústicos.

Foi considerado como um evento de detecção cada período com emissões sonoras consecutivas com um intervalo máximo de silêncio de até 5 minutos, deste modo, os trens de cliques que ocorreram em um período inferior foram considerados como parte de um mesmo evento de detecção. Após os 5 minutos, os trens foram considerados eventos independentes para evitar autocorrelação.

Foram definidos dois turnos para classificar o período do dia em que as detecções ocorrem com base na ausência e presença de luz. O turno do dia iniciava às 06:00h e terminava às 17:59h, e o turno da noite iniciava às 18:00h e terminava às 05:59h.

Com o software Raven Pro 1.5 foi extraído e analisado o número de cliques de cada trem, a duração do trem e o intervalo médio entre os cliques de cada trem (ICI) (ZIMMER, 2011). Os parâmetros temporais dos sinais, como frequência máxima (kHz), frequência mínima (kHz), frequência central (kHz) e frequência de pico (kHz) também foram obtidos. Estas variáveis foram escolhidas por serem consistentes com estudos prévios realizados com as toninhas e, portanto, são muito úteis para fins de comparação.

Para cada um dos parâmetros analisados foram calculadas as estatísticas descritivas de tendência central (média e mediana), de dispersão (desvio padrão) e valores máximos e

mínimos. Além disso, para verificar a normalidade e a homocedasticidade dos dados, foi analisada a distribuição de cada variável a partir de gráficos exploratórios e do teste de Shapiro-Wilk.

A fim de avaliar se há diferença com significância estatística entre os parâmetros temporais dos cliques, assim como entre a quantidade e duração dos eventos de detecção, nas diferentes estações do ano, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e o pós teste de comparações múltiplas de Dunn.

Em todos os testes realizados neste estudo, foi considerado um nível de significância estatística de 5%. Todos as análises e gráficos foram executados no software RStudio 2022.12.0.

4 RESULTADOS

Na região da Ilha das Cabras, foi obtido um total de 576 horas de gravações nos 120 dias de monitoramento acústico passivo, equivalente a 34.560 arquivos (Tabela 1). Destes, um total de 1.182 eventos de detecção foram gravados, resultando em uma duração de aproximadamente 231 horas.

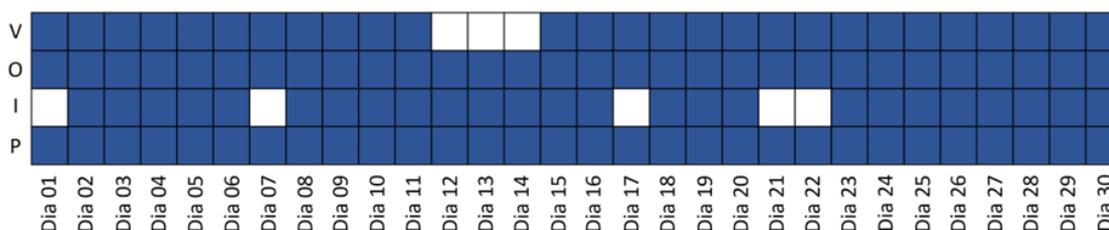
Tabela 1 - Quantidade de dias, horas e arquivos gravados na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, entre janeiro e outubro de 2019.

Mês	Tempo de gravação (dias)	Nº de arquivos gerados	Tempo de gravação (h)
Janeiro	20	5.760	96
Fevereiro	10	2.880	48
Abril	30	8.640	144
Julho	30	8.640	144
Outubro	30	8.640	144
Total	120	34.560	576

Fonte: Patrícia Müller

Ao longo dos 120 dias de monitoramento, as emissões sonoras de *P. blainvillei* foram detectadas em 112 dias, representando aproximadamente 93,3% do período analisado. Nas estações de outono e primavera (abril e outubro, respectivamente) houve eventos de detecção todos os dias, no verão (janeiro e fevereiro) houve eventos em 27 dias e no inverno (julho), em 25 dias (Figura 3).

Figura 3 - Diagrama de representação da presença e ausência de toninhas durante os 30 dias de monitoramento em cada estação, *Pontoporia blainvillei*, em 2019 na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo. A cor azul representa a presença de *P. blainvillei* e branco representa a ausência. V: verão; O: out; I: inverno; P: primavera.

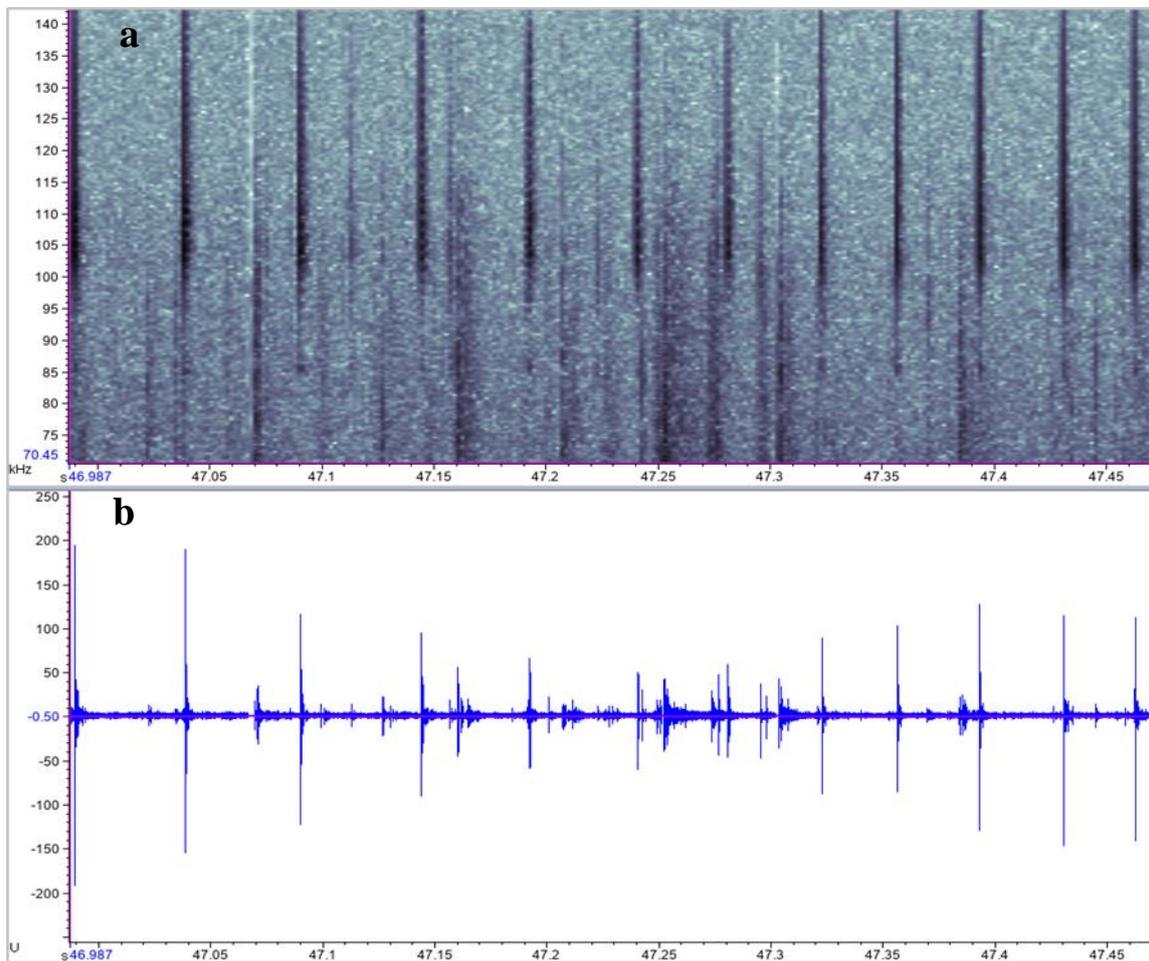


Fonte: Patrícia Müller

De modo geral, os trens de cliques de ecolocalização das toninhas foram mais frequentes, representando 82% dos trens de cliques, em comparação com os sons explosivos, que representaram 18% dos trens.

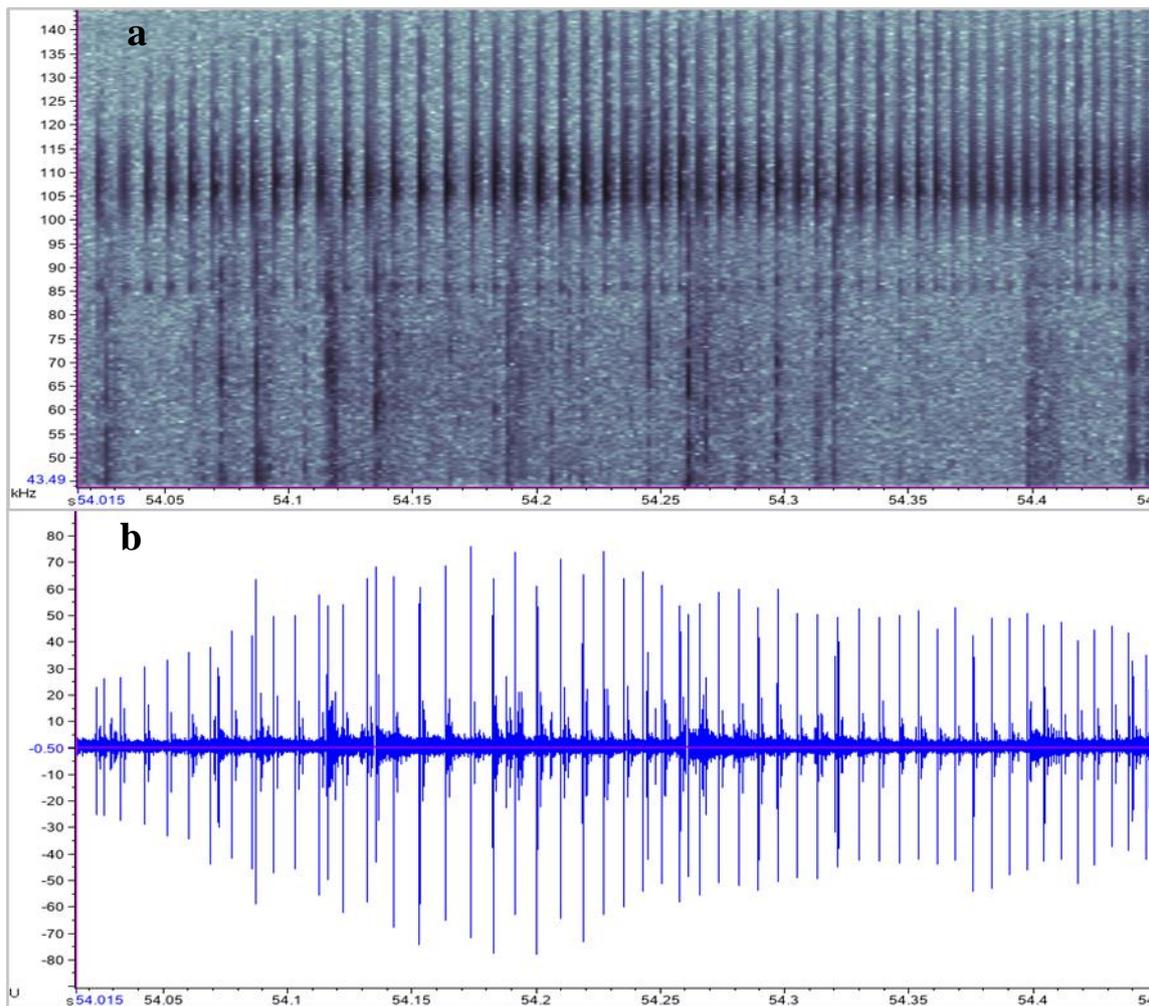
Um esquema representativo de gráficos que ilustram a relação entre frequência e tempo (espectrograma) e entre amplitude e tempo (oscilograma) dos cliques de ecolocalização e sons explosivos de toninhas na área de estudo são mostrados nas figuras 4 e 5, respectivamente.

Figura 4 - Representação de cliques de ecolocalização de *Pontoporia blainvillei* registrados em outubro de 2019 no litoral norte de São Paulo, próximo à Ilha das Cabras. Espectrograma (a) que mostra a relação entre frequência e tempo (Janela Hann, FFT:1024) e oscilograma (b) que mostra a relação entre amplitude e tempo.



Fonte: Patrícia Müller

Figura 5 - Representação de cliques sons explosivos de *Pontoporia blainvillei* registrados em outubro de 2019 no litoral norte de São Paulo, próximo à Ilha das Cabras. Espectrograma (a) que mostra a relação entre frequência e tempo (Janela Hann, FFT:1024) e oscilograma (b) que mostra a relação entre amplitude e tempo.

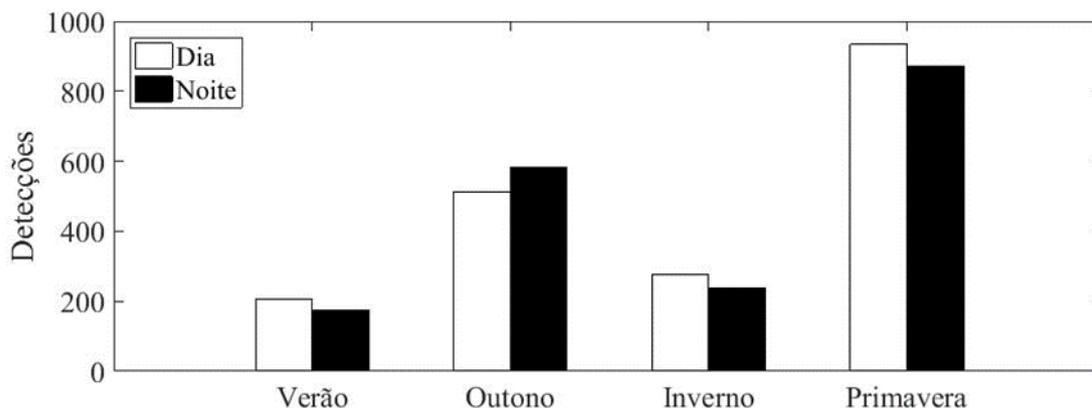


Fonte: Patrícia Müller

Foram registradas cerca de 44.983 emissões sonoras de toninhas entre cliques de ecolocalização e sons explosivos durante as quatro estações do ano analisadas. A quantidade de trens de cliques, a quantidade de eventos e a duração dos eventos variou significativamente entre as estações, exceto para os pares inverno-verão e outono-primavera ($p > 0,05$).

De modo geral, os eventos de detecção ocorreram de forma equilibrada entre o período diurno e o período noturno (Figura 6), sendo que os cliques de ecolocalização e os sons explosivos foram ligeiramente mais frequentes durante o dia (53% e 51% respectivamente).

Figura 6 - Quantidade de trens de cliques de toninhas no período do dia e da noite em cada estação na região da Ilha das Cabras.



Fonte: Patrícia Müller

Para os parâmetros acústicos dos cliques de ecolocalização, houve uma diferença significativa da frequência mínima, duração dos trens e número de cliques entre as estações ($p < 0,05$). Para a frequência de pico e frequência central das emissões sonoras também foi verificada uma diferença significativa entre as estações, exceto para o par outono-verão ($p > 0,05$). Para o intervalo entre cliques, também foi constatada diferença significativa entre as estações, exceto para o par outono-verão e primavera-verão ($p > 0,05$).

Os parâmetros acústicos dos sons explosivos exibiram um resultado distinto. Não há diferença significativa do intervalo entre cliques e a frequência mínima entre as estações ($p > 0,05$). Para a duração dos trens, houve diferença significativa ($p < 0,05$). A frequência de pico não possui diferença significativa somente no par inverno-verão ($p > 0,05$). A frequência central não possui diferença significativa no par inverno-verão e primavera verão ($p > 0,05$). O número de cliques não possui diferença significativa no par inverno-outono, inverno-primavera e outono-verão ($p > 0,05$).

Nos meses de janeiro e fevereiro, correspondentes à estação do verão, emissões sonoras de toninhas foram detectadas em 27 dias monitorados (90%), resultando em um total de aproximadamente 21 horas de eventos de detecção. Este foi o período com a menor quantidade de detecções, representando somente 7% das emissões sonoras registradas.

Um total de 2.868 trens de cliques foram detectados durante o verão, de modo que 203 trens de cliques de ecolocalização e 12 de sons explosivos foram separados para extração dos parâmetros acústicos (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de cliques de ecolocalização de toninhas (n= 203) registrados nos meses de janeiro e fevereiro na região da Ilha das Cabras em 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).

	Mín	Máx	Média \pm DP	Mediana
N de cliques	4	162	21 \pm 20	15
Duração (ms)	63,1	2452,0	554,0 \pm 402,0	429,7
ICI (ms)	9,1	68,5	32,1 \pm 12,6	31,6
Fmáx (kHz)	-	144,0	-	-
Fmín (kHz)	80,7	116,0	99,9 \pm 4,2	100,3
Fpico (kHz)	81,8	119,2	103,6 \pm 4,4	104,3
Fcent (kHz)	97,0	125,8	107,5 \pm 3,0	107,4

Fonte: Patrícia Müller

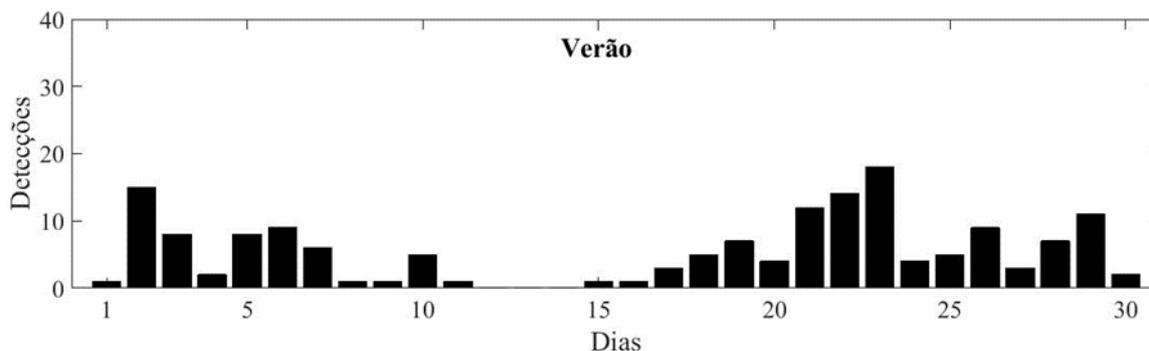
Tabela 3 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de sons explosivos de toninhas (n= 12) registrados nos meses de janeiro e fevereiro na região da Ilha das Cabras em 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).

	Mín	Máx	Média \pm DP	Mediana
N de cliques	17	136	66 \pm 40	46
Duração (ms)	77,3	834,0	369,8 \pm 225,7	347,8
ICI (ms)	4,0	9,1	5,9 \pm 1,7	6,4
Fmáx (kHz)	-	144,0	-	-
Fmín (kHz)	78,7	100,9	87,3 \pm 7,5	86,4
Fpico (kHz)	79,9	104,6	91,6 \pm 8,0	91,7
Fcent (kHz)	88,9	106,3	99,0 \pm 5,7	100,7

Fonte: Patrícia Müller

A quantidade de eventos de detecção variou de 0 a 18 com uma média de 5 ± 4 eventos por dia (Figura 7).

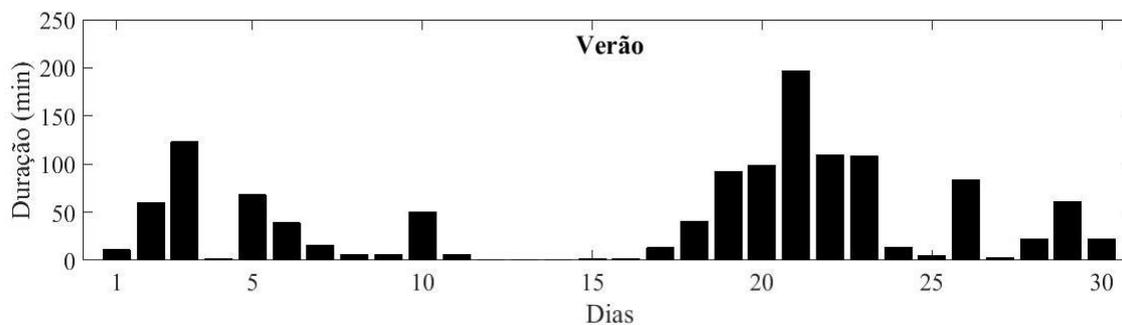
Figura 7 - Quantidade de eventos de detecções de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) por dia durante o verão na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2019.



Fonte: Patrícia Müller

A duração média dos eventos foi de 42 ± 48 minutos por dia com uma variação de 0 a 197 minutos (Figura 8).

Figura 8 - Duração dos eventos de detecções de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) por dia durante o verão na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2019.



Fonte: Patrícia Müller

Os trens de cliques de ecolocalização ocorreram com maior frequência ao longo do verão, representando 88% dos trens de cliques, em comparação com os sons explosivos que representaram somente 12%.

Não foi possível observar um padrão em relação ao período do dia em que as emissões ocorreram, pois não houve diferença considerável entre a quantidade de trens

de cliques emitidos durante o dia e a noite ao longo da estação. No período diurno, foram registrados 80 eventos de detecção (49%) e no período noturno, 83 (51%).

No mês de abril, correspondente à estação do outono, emissões sonoras de *P. blainvillei* foram registradas nos 30 dias monitorados, resultando em um total de aproximadamente 67 horas de eventos de detecção. Este foi o período com o segundo maior número de detecções, representando 25% das emissões sonoras registradas.

Um total de 11.367 trens de cliques foram detectados durante o outono, de modo que 564 trens de cliques de ecolocalização e 47 de sons explosivos foram separados para extração dos parâmetros acústicos (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de cliques de ecolocalização de toninhas (n= 564) registrados na região da Ilha das Cabras em abril de 2019.

(ICI= intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico;

Fcent = frequência central).

	Mín	Máx	Média \pm DP	Mediana
N de cliques	4	111	14 \pm 12	11
Duração (ms)	43,1	2536,2	409,7 \pm 262,9	342,4
ICI (ms)	9,1	627,4	36,1 \pm 30,3	33,6
Fmáx (kHz)	-	144,0	-	-
Fmín (kHz)	73,3	117,3	98,1 \pm 5,2	98,8
Fpico (kHz)	81,3	125,7	103,1 \pm 4,9	104,1
Fcent (kHz)	93,9	127,4	107,2 \pm 3,4	107,1

Fonte: Patrícia Müller

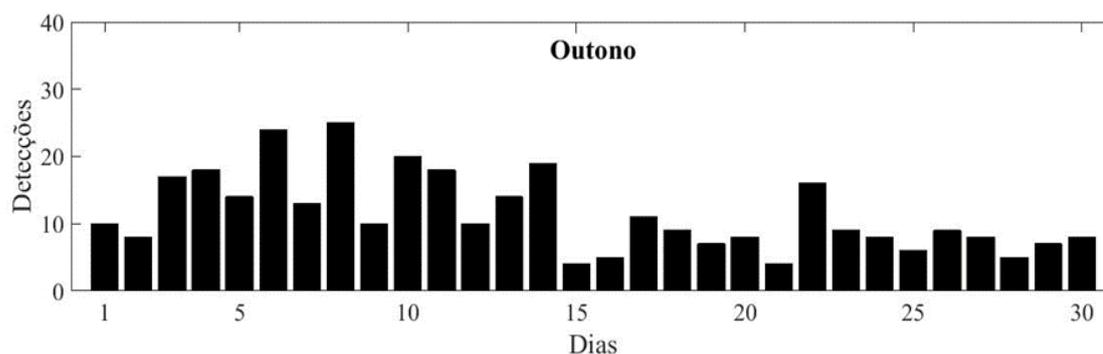
Tabela 5 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de sons explosivos de toninhas ($n= 47$) registrados na região da Ilha das Cabras em abril de 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = Frequência mínima; Fpico = Frequência de pico; Fcent = frequência central).

	Mín	Máx	Média \pm DP	Mediana
N de cliques	5	258	21 \pm 20	24
Duração (ms)	28,5	1806,7	282,9 \pm 357,9	172,9
ICI (ms)	2,3	8,9	6,9 \pm 1,6	7,0
Fmáx (kHz)	-	144,0	-	-
Fmín (kHz)	76,9	102,4	91,8 \pm 7,4	94,4
Fpico (kHz)	81,0	112,5	98,1 \pm 7,9	99,0
Fcent (kHz)	91,1	113,0	104,3 \pm 4,3	104,6

Fonte: Patrícia Müller

A quantidade de eventos variou de 4 a 25 com uma média de 11 ± 6 eventos por dia (Figura 9).

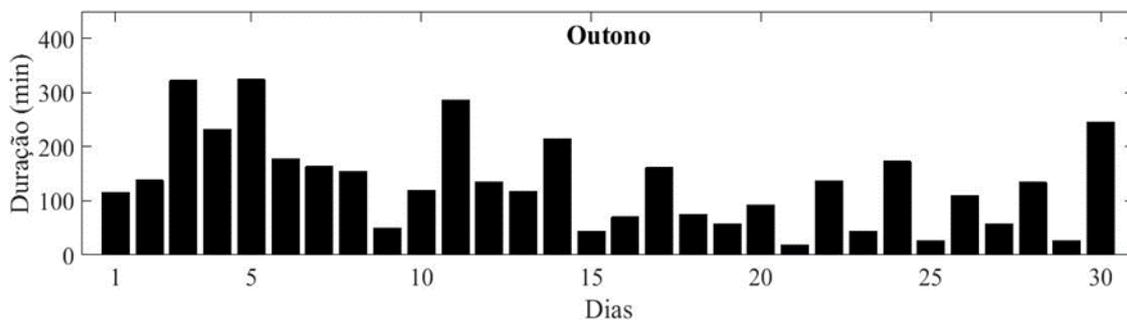
Figura 9 - Quantidade de eventos de detecções de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) por dia durante o outono na região da Ilha das Cabras litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de abril de 2019.



Fonte: Patrícia Müller

A duração média dos eventos é de 134 ± 84 minutos por dia com uma variação de 19 a 324 minutos (Figura 10).

Figura 10 - Duração dos eventos de detecções de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) por dia durante o outono na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de abril de 2019.



Fonte: Patrícia Müller

Os trens de cliques de ecolocalização ocorreram com maior frequência ao longo do outono, representando 82% dos trens de cliques, em comparação com os sons explosivos que representaram somente 18%.

Não houve diferença considerável entre a quantidade de trens de cliques emitidos durante o dia e a noite ao longo da estação. No período diurno, foram registrados 168 eventos de detecção (49%) e no período noturno, 176 (51%).

No mês de julho, correspondente à estação de inverno, emissões sonoras de *P. blainvillei* foram detectadas em 25 dias de monitoramento (83%), resultando em um total de aproximadamente 29 horas de eventos de detecção. Este foi o período com a segunda menor quantidade de detecções, representando somente 13% das emissões sonoras registradas.

Um total de 6.016 trens de cliques foram detectados durante o inverno, de modo que 285 trens de cliques de ecolocalização e 13 de sons explosivos foram separados para extração dos parâmetros acústicos (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de cliques de ecolocalização de toninhas (n= 285) registrados na região da Ilha das Cabras em julho de 2019.

(ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).

	Mín	Máx	Média \pm DP	Mediana
N de cliques	4	106	12 \pm 14	9
Duração (ms)	34,6	2484,7	360,7 \pm 315,3	281,9
ICI (ms)	9,7	81,1	37,7 \pm 14,6	36,8
Fmáx (kHz)	-	144,0	-	-
Fmín (kHz)	81,0	119,9	101,8 \pm 5,4	102,2
Fpico (kHz)	83,8	129,6	107,0 \pm 5,5	106,6
Fcent (kHz)	98,4	130,2	111,3 \pm 4,9	110,8

Fonte: Patrícia Müller

Tabela 7 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de sons explosivos de toninhas (n= 13) registrados na região da Ilha das Cabras em julho de 2019. (ICI =

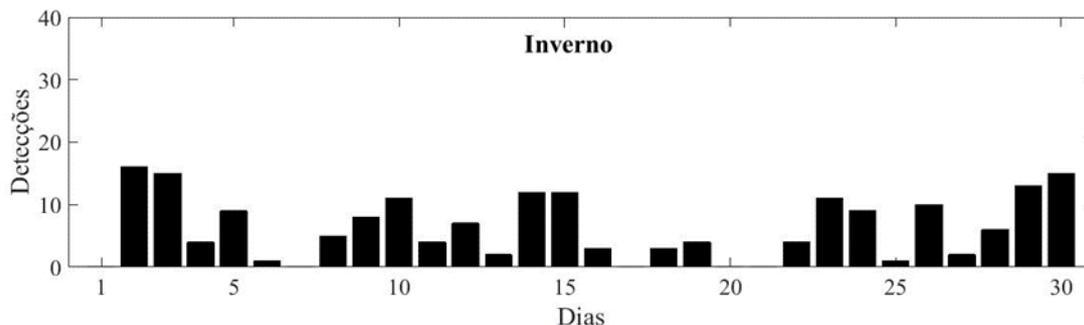
intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).

	Mín	Máx	Média \pm DP	Mediana
N de cliques	5	89	24 \pm 24	14
Duração (ms)	24,7	279,7	123,2 \pm 91,9	101,0
ICI (ms)	2,9	8,9	6,4 \pm 1,8	6,5
Fmáx (kHz)	-	144,0	-	-
Fmín (kHz)	81,7	105,8	92,8 \pm 8,3	90,5
Fpico (kHz)	85,2	108,6	99,6 \pm 8,4	103,5
Fcent (kHz)	93,6	119,2	106,6 \pm 6,5	107,1

Fonte: Patrícia Müller

A quantidade de eventos de detecção variou de 0 a 16 com uma média de 6 ± 5 eventos por dia (Figura 11).

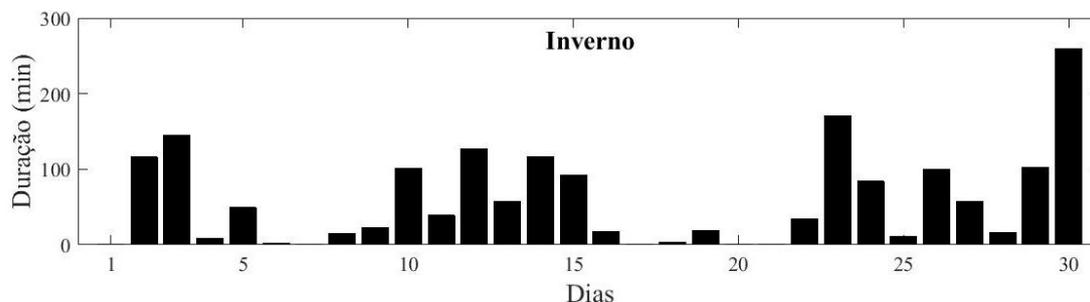
Figura 11 - Quantidade de eventos de detecções de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) por dia durante o inverno na região da Ilha das Cabras litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de julho de 2019.



Fonte: Patrícia Müller

A duração média dos eventos é de 59 ± 62 minutos por dia com uma variação de 0 a 260 minutos (Figura 12).

Figura 12 - Duração dos eventos de detecções de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) por dia durante o inverno na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de julho de 2019.



Fonte: Patrícia Müller

Os trens de cliques de ecolocalização ocorreram com maior frequência ao longo do inverno, representando 80% dos trens de cliques, em comparação com os sons explosivos que representaram somente 20%.

Não houve diferença considerável entre a quantidade de trens de cliques emitidos durante o dia e a noite ao longo da estação. No período diurno, foram registrados 101 eventos de detecção (54%) e no período noturno, 86 (46%).

No mês de outubro, correspondente à estação de primavera, emissões sonoras de toninhas foram registradas nos 30 dias de investigação resultando em um total de aproximadamente 118 horas de eventos de detecção. Este foi o período com o maior número de detecções, representando 55% das emissões sonoras registradas.

Um total de 24.632 trens de cliques foram detectados durante a primavera, de modo que 94 trens de cliques de ecolocalização e 37 de sons explosivos foram separados para extração dos parâmetros acústicos (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de cliques de ecolocalização de toninhas (n= 94) registrados na região da Ilha das Cabras em outubro de 2019.

(ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).

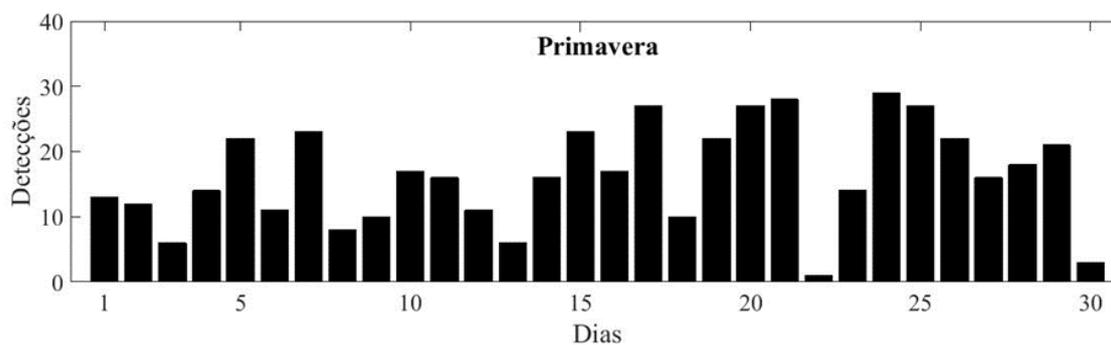
	Mín	Máx	Média \pm DP	Mediana
N de cliques	4	27	9 \pm 5	7
Duração (ms)	33,6	793,2	276,0 \pm 140,8	248,1
ICI (ms)	9,2	81,0	39,0 \pm 14,8	37,3
Fmáx (kHz)	-	144,0	-	-
Fmín (kHz)	79,6	104,9	97,0 \pm 5,4	97,6
Fpico (kHz)	97,3	115,9	105,2 \pm 2,8	104,9
Fcent (kHz)	100,7	117,3	108,2 \pm 2,9	108,0

Tabela 9 - Estatística descritiva (mínimos, máximos, média \pm desvio padrão e mediana) dos parâmetros acústicos dos trens de sons explosivos de toninhas (n= 37) registrados na região da Ilha das Cabras em outubro de 2019. (ICI = intervalo inter clique; Fmáx = frequência máxima; Fmín = frequência mínima; Fpico = frequência de pico; Fcent = frequência central).

	Mín	Máx	Média \pm DP	Mediana
N de cliques	4	92	9 \pm 14	6
Duração (ms)	19,1	744,3	59,6 \pm 114,9	37,4
ICI (ms)	4,4	9,0	6,7 \pm 1,2	6,8
Fmáx (kHz)	-	144,0	-	-
Fmín (kHz)	74,62	102,4	91,9 \pm 7,1	94,2
Fpico (kHz)	84,37	108,6	101,5 \pm 5,1	101,8
Fcent (kHz)	91,68	110,8	104,7 \pm 0,1	105,2

A quantidade de eventos de detecção variou de 1 a 29 com uma média de 16 ± 7 eventos por dia (Figura 13).

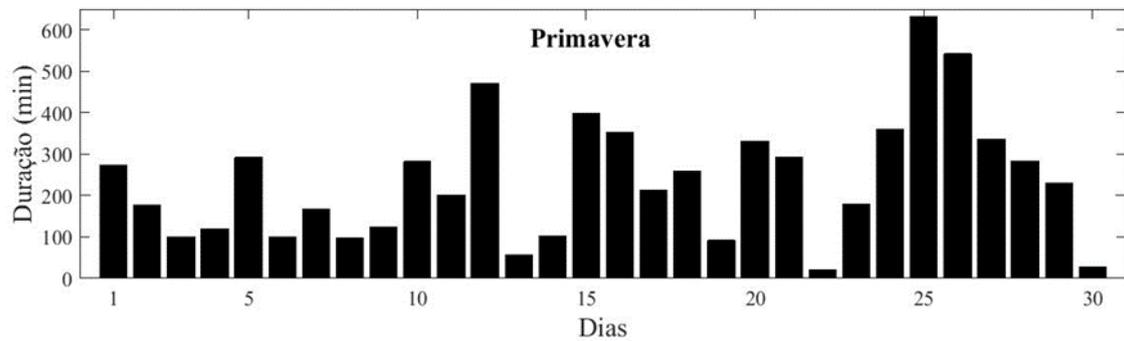
Figura 13 - Quantidade de eventos de detecções de toninhas por dia durante a primavera na região da Ilha das Cabras em 2019.



Fonte: Patrícia Müller

A duração média dos eventos é de 237 ± 147 minutos por dia com uma variação de 21 a 632 minutos (Figura 14).

Figura 14 - Duração dos eventos de detecções de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) por dia durante a primavera na região da Ilha das Cabras, litoral norte do Estado de São Paulo, no mês de outubro de 2019.



Fonte: Patrícia Müller

Os trens de cliques de ecolocalização ocorreram com maior frequência ao longo da primavera, representando 82% dos trens de cliques, em comparação com os sons explosivos que representaram somente 18%.

Não houve diferença considerável entre a quantidade de trens de cliques emitidos durante o dia e a noite ao longo da estação. No período diurno, foram registrados 243 eventos de detecção (49%) e no período noturno, 247 (51%).

Na Tabela 10, foram reunidas informações a respeito dos parâmetros acústicos das emissões sonoras de *P. blainvillei* de estudos realizados em diferentes ambientes e períodos para fins de comparação

Tabela 10 - Parâmetros acústicos das emissões sonoras de toninhas obtidos de estudos publicados. Estatística descritiva (média \pm desvio padrão) foi realizada para o número de trens analisados (N), o número de cliques por trem (N cliques), frequência mínima da emissão sonora (Fmín), frequência máxima (Fmáx), frequência central (Fcent), frequência de pico (Fpico), duração do trem (Dur) e intervalo entre cliques (ICI). Dados obtidos de: A= Melcón et al. 2012; B= Tellechea; Norbis 2014; C= Melcón et al. 2016; D= Tellechea et al. 2016; E= Cremer et al. 2017; F= Barcellos; Santos 2021; G¹= Paitach et al. 2021 (Baía da Babitonga); G²= Paitach et al. 2021 (Praia de Itapirubá).

	Tipo de som	N	N cliques	Fmín (kHz)	Fmáx (kHz)	Fcent (kHz)	Fpico (kHz)	Dur (ms)	ICI (ms)
A	Cliques	61	-	130,0 \pm 3	149 \pm 3	-	139	212 \pm 56	33 \pm 4
B	Cliques	13	17 \pm 12	-	-	-	83,6 \pm 2,4	200 \pm 100	29 \pm 1
B	Sons explosivos	18	124 \pm 1	-	-	-	47 \pm 1	130 \pm 30	10 \pm 1
C	Sem distinção	-	-	37,0 \pm 3	160 \pm 3	-	-	-	-
D	Cliques	26	38 \pm 4	82	93	-	86 \pm 1,9	1000 \pm 600	35 \pm 2,2
D	Sons explosivos	5	52 \pm 6	-	-	-	41 \pm 5	150 \pm 7	10 \pm 1
E	Sons explosivos	31	24 \pm 24	77 \pm 4	-	-	-	75 \pm 65	3 \pm 2
F	Cliques	182	27 \pm 24	107,1 \pm 63,3	144 \pm 0	108 \pm 3	104,1 \pm 3,8	668 \pm 624	30 \pm 43
F	Sons explosivos	60	33 \pm 40	97,4 \pm 7,3	144 \pm 0	104,1 \pm 5,2	99,2 \pm 6,9	153 \pm 215	6 \pm 20
G¹	Sem distinção	10.924	29 \pm 16	118,0 \pm 13,9	135,1 \pm 5,7	129 \pm 5	-	399,8 \pm 534,6	12,6 \pm 13,6
G²	Sem distinção	6.093	29 \pm 17	123,7 \pm 4,6	134,2 \pm 4	130 \pm 3	-	398,8 \pm 486,2	12,3 \pm 9,7

5 DISCUSSÃO

O monitoramento acústico passivo realizado sazonalmente no litoral norte do Estado de São Paulo trouxe informações inéditas em relação à ocorrência de toninhas na região. Foi possível descrever e comparar os parâmetros acústicos de cliques de ecolocalização e sons explosivos produzidos nas diferentes estações do ano. Estes resultados contribuem com o melhor refinamento do repertório acústico das toninhas no litoral brasileiro, e são um passo inicial para a melhor compreensão dos padrões de uso de área desses animais na área de estudo.

Uma das principais limitações em utilizar somente um equipamento para realizar o monitoramento acústico passivo é a impossibilidade de verificar a distância em que o animal se encontra em relação ao equipamento e se os sons emitidos estão no eixo acústico, pois sabe-se que cliques fora do eixo possuem diferenças nos parâmetros acústicos (GÖTZ et al., 2010). Foram selecionados somente os cliques de maior intensidade sonora e sem interferências para que o resultado do conjunto contivesse os cliques mais próximos possíveis do eixo, de modo a evitar o efeito de distorção. Por esse motivo, o número de trens de cliques de ecolocalização e sons explosivos extraídos para análise dos parâmetros acústicos foram substancialmente inferiores à quantidade registrada pelo equipamento nos 120 dias de monitoramento.

O equipamento de MAP utilizado neste estudo mostrou-se eficiente para detectar cliques de ecolocalização e sons explosivos de toninhas no litoral de São Paulo e possibilitou a caracterização de parâmetros acústicos das emissões sonoras. Porém, vale ressaltar que devido ao limite da taxa de amostragem, não foi possível obter valores de frequência máxima de muitas emissões sonoras das toninhas que usualmente ultrapassam os 144 kHz, como já foi reportado anteriormente ao longo da sua distribuição (MELCÓN et al. 2012; 2016). Desse modo, para futuros estudos, é importante que a taxa de amostragem do equipamento seja igual ou superior ao dobro da frequência máxima de interesse, para que seja capturado todo o espectro dos cliques e, assim, não os tornem susceptíveis a possíveis distorções observadas no espectrograma (AU, 1993).

Os testes estatísticos revelaram diferenças significativas entre alguns parâmetros acústicos ao comparar diferentes estações. É importante mencionar que apesar de serem alvo de muitos estudos, ainda há muitas lacunas sobre o conhecimento da história de vida das toninhas, dessa forma, possíveis explicações das relações de causa e efeito ainda são especulativas. Além disso, este é um estudo descritivo e buscar tais explicações fogem do principal objetivo.

Neste estudo, as detecções de toninhas ocorreram em número maior durante a primavera. Diferenças observadas nas taxas de detecção já foram utilizadas como um indicativo de diferença na densidade dos indivíduos, visto que algumas espécies de odontocetos fazem ecolocalização de forma quase contínua (VERFUSS et al., 2007; CARSTENSEN et al., 2006). Portanto, é possível que no mês de outubro, haja uma maior concentração de indivíduos na região e, conseqüentemente, de emissões sonoras.

A reprodução de toninhas ocorre principalmente de forma sazonal em algumas regiões ao longo de sua distribuição, como, por exemplo, no Rio Grande do Sul (DANILEWICZ et al., 2004), na costa do Uruguai (KASUYA; BROWNELL, 1979) e na região de San Blas, na Argentina (WELLS et al., 2013), estudos mostraram que o nascimento dos filhotes acontece principalmente durante o verão. Porém, em outras regiões, como no litoral sul do Estado de São Paulo, o nascimento de crias deve ocorrer ao longo de todo o ano (SILVA et al., 2020). Esses cetáceos possivelmente possuem um sistema monogâmico de reprodução, no qual um macho se associa somente a uma fêmea, formando uma associação temporária (DANILEWICZ et al., 2004, WELLS et al., 2013). Uma vez que a gestação das toninhas dura de 10 a 11 meses, é possível que, durante a primavera, haja o encontro de machos e fêmeas e, portanto, um aumento na quantidade de emissões sonoras produzidas neste período para a formação de pares reprodutivos. Entretanto, torna-se necessária a realização de estudos de histologia de gônadas do estoque populacional de toninhas do litoral norte de São Paulo para que seja avaliada a possível ocorrência de sazonalidade reprodutiva na região.

Em contrapartida, também é possível que, especialmente no verão, haja uma mudança no comportamento das toninhas. O turismo foi reportado como uma atividade que gera impactos negativos no ambiente, e a influência do ruído subaquático no comportamento de cetáceos foi amplamente estudada para diversas espécies (CHRISTIANSEN et al., 2010; PIROTTA et al., 2012). Na Flórida, foi sugerido para golfinhos nariz-de-garrafa uma alteração na seleção do hábitat para forrageio, devido ao aumento do tráfego de embarcações recreativas e comerciais, o que levou os indivíduos a buscar águas mais calmas. (ALLEN; READ, 2000). O aumento na circulação de barcos e pessoas causado pelo turismo na região é um fator que pode ocasionar a evasão das toninhas nos períodos de julho e janeiro, meses de férias escolares, pois atividades antrópicas influenciam na distribuição destes animais, que costumam evitar áreas com muito ruído subaquático (CREMER; SIMÕES-LOPES, 2008; MELCÓN et al., 2012). O Parque Estadual da Ilha Anchieta recebe muitos turistas ao longo do ano e, principalmente no mês de janeiro, pode chegar a receber milhares de visitantes por semana (KATAOKA, 2004).

Os mamíferos marinhos são capazes de aumentar o nível de suas emissões sonoras para compensar o barulho de ambientes com poluição sonora. Alguns dos mecanismos utilizados são mudanças nas frequências dos sinais, aumento na duração ou repetição de um sinal. Esse comportamento já foi descrito para baleias-belugas (*Delphinapterus leucas*) em cativeiro no Havaí, onde sinais de um mesmo indivíduo foram registrados em áreas com diferentes níveis de som ambiente (AU et al., 1985). As baleias-belugas demonstraram uma adaptação do seu sistema de ecolocalização elevando a intensidade sonora e a frequência de pico de seus cliques em mais de 40 kHz. Esse comportamento não foi descrito para as toninhas, mas seria uma alternativa para permanecerem na região, considerando sua área de vida relativamente pequena, e evitar o mascaramento ocasionado pela poluição sonora (WELLS et al., 2021). Além disso, também seria uma alternativa para explicar algumas variações sazonais entre os parâmetros.

Outra hipótese possível é a de que as toninhas estejam permanecendo em silêncio por mais tempo nos meses de verão e inverno. Uma diminuição no uso da ecolocalização pode ser uma forma de adaptação para evitar a predação por odontocetos maiores como as orcas (*Orcinus orca*). Essa interação já foi observada anteriormente no litoral brasileiro por Santos; Netto (2005). Orcas têm sido notadas no litoral norte paulista em meses de verão, quando visitam aquele setor em busca de raias (SANTOS; SILVA, 2009). Apesar da hipótese de que os odontocetos que produzem sons de alta frequência em largura estreita de banda evoluíram o seu sistema de produção de som para evitar predadores como as orcas (MADSEN et al., 2005), as informações obtidas a partir deste estudo mostraram que diversas vezes o pico de frequência dos cliques de toninhas se manteve parcialmente dentro do limite de audição das orcas, inferior a 100 kHz (BRANSTETTER et al., 2017). Dessa forma é possível que esses predadores sejam capazes de detectar emissões sonoras de toninhas nessa região.

Os dados deste estudo também mostram que as toninhas estão presentes na região da Ilha das Cabras ao longo das quatro estações do ano, confirmando sua residência na área de investigação. Apesar da grande dificuldade de observar esses animais em seu habitat natural devido ao seu comportamento críptico, o monitoramento acústico passivo se mostrou, mais uma vez, como uma importante ferramenta capaz de gerar evidências a presença anual desta espécie na área de estudo. Indivíduos da espécie são conhecidos por demonstrar fidelidade ao seu habitat (WELLS et al., 2021). Além disso, estudos de estimativas de área de vida permitiram verificar que indivíduos de algumas populações de toninhas habitam áreas pequenas e restritas. Através do método do Mínimo Polígono Convexo, Cremer (2007) obteve valores estimados em 26 km² para a área de vida da população que vive na região da Baía da Babitonga (SC), na costa

brasileira. Enquanto Wells et al. (2021), através de telemetria por satélites, obteve valores estimados de 133 km² e 463 km² para a área de vida de toninhas na Argentina e, um número substancialmente menor, 6,4 km² na costa brasileira.

Apesar de não terem sido detectadas durante todos os 120 dias de monitoramento, é improvável que as toninhas estejam completamente ausentes na região durante os oito dias em que não houve detecções. Como os animais precisam vocalizar para serem detectados, é possível que estivessem vocalizando durante a pausa da gravação ou apenas não emitiram sons próximos o suficiente do equipamento para que fossem detectados, pois os sons de alta frequência possuem uma alta taxa de atenuação na água e não são detectados a longas distâncias (URICK, 1975). Uma alternativa possível é a de que as toninhas estejam utilizando com frequência o método de escuta passiva para localizar suas presas nesses períodos. Estudos sobre hábitos alimentares revelaram que *P. blainvillei* se alimenta principalmente de peixes produtores de sons, (TELLECHEA et al., 2016) que podem se propagar a longas distâncias (LOCASCIO; MANN, 2011) e, possivelmente, estejam utilizando a estratégia de escuta passiva para identificar essas presas, como foi sugerido por Tellechea et al. (2017) para as toninhas da região do estuário do Rio de La Plata, no Uruguai. O uso desta estratégia também já foi descrito para outras espécies de cetáceos (BERENS-MCCABE et al., 2010). Ao silenciosamente escutar as emissões sonoras das presas, esses animais seriam capazes de obter informações muito úteis como localização, tamanho corporal e quantidade de indivíduos presentes.

A quantidade de sons explosivos foi consideravelmente inferior à quantidade de cliques de ecolocalização detectados durante o monitoramento. Estudos recentes utilizaram os sons explosivos (ICI < 10 ms) como um proxy para indicar atividade de forrageamento das toninhas e ecolocalização para indicar navegação e orientação no espaço (PAITACH et al., 2021; 2023). Dessa forma, apesar de possuírem uma área de vida relativamente pequena e um padrão mais oportunista ao selecionar presas, é possível que essa não seja uma área de alimentação principal.

Alguns autores também sugeriram outro tipo de funcionalidade para os sons explosivos, os quais podem estar relacionados a encontros agonísticos ou para comunicação entre fêmea e filhote (DAWSON, 1991; TELLECHEA; NORBIS, 2014), como também já foi observado para outras espécies NBHF (CLAUSEN et al., 2010; SØRENSEN et al., 2018), mas ainda são necessários estudos mais robustos durante toda a distribuição para avaliar a função desses sons para as toninhas.

Não foi observada uma relação entre o período do dia e o tipo de som emitido, uma vez que a quantidade de cliques de ecolocalização e sons explosivos se mostrou bastante equilibrada

durante o dia e a noite, indicando que se os indivíduos de *P. blainvillei* se alimentam de forma oportunística durante dia e noite, de acordo com a quantidade de presas disponíveis, como já foi relatado anteriormente por Paso-Viola et al. (2014).

Apesar deste padrão ser semelhante ao observado por Barcellos e Santos (2021) na mesma região, era esperado que uma análise temporal maior revelasse uma tendência de produção sonora mais abundante durante a noite. Com a visão limitada devido à ausência de luz solar na coluna d'água, as toninhas, teoricamente, usariam ainda mais a ecolocalização para se orientar no ambiente e seguir em busca de alimento. Porém, é necessário levar em consideração que estudos que avaliam a capacidade visual desses animais ainda são incipientes e, portanto, quaisquer hipóteses a este respeito permanecerão especulativas.

De modo geral, os valores médios dos parâmetros acústicos dos cliques de ecolocalização de *P. blainvillei* foram semelhantes aos obtidos no estudo de Barcellos e Santos (2021) que também foi realizado no litoral norte de São Paulo com o mesmo equipamento de MAP. Ao comparar os dados da mesma estação, é possível observar que a frequência central e a frequência de pico são os parâmetros acústicos com o valor mais semelhante.

Além disso, ao analisar a mesma estação do ano, as toninhas foram consideravelmente menos frequentes no estudo de Barcellos e Santos (2021), sendo observadas em 32% dos dias, em comparação com o atual estudo, na qual foram observadas em 83% dos dias.

Os valores médios do intervalo entre cliques obtidos neste estudo foram semelhantes aos registrada por Melcón et al. (2012) no estuário do Rio Negro, Argentina e por Tellechea et al. (2016) na costa do Uruguai para os cliques de ecolocalização (ver Tabela 10).

Para a frequência mínima, os valores médios foram distintos dos descritos nos demais estudos de emissões sonoras de toninhas. Paitach et al. (2021) registraram valores médios maiores para uma região estuarina e para uma região de mar aberto no sul do Brasil, enquanto Melcón et al. (2016) obteve valores menores para o mesmo parâmetro na costa da Argentina.

Os valores médios de frequência central e a frequência de pico dos cliques de ecolocalização observados foram consideravelmente menores em comparação aos valores observados tanto para toninhas em outras regiões (PAITACH et al., 2021) quanto para outras espécies NBHF (VILLADSGAARD; WAHLBERG; TOUGAARD, 2007; MORISAKA et al., 2011).

Os valores de duração dos trens de cliques e número de cliques por trem foram semelhantes aos já descritos para populações de toninhas do estuário do Rio de La Plata, no Uruguai (TELLECHEA et al., 2016), do estuário do Rio Negro, na Argentina (MELCÓN et al.

2012; 2016) e do litoral sul (PAITACH et al., 2021) e sudeste brasileiro (BARCELLOS; SANTOS, 2021). Mas é importante mencionar que o desvio padrão dos valores deste parâmetro é elevado e, portanto, não proporciona condições de comparações mais refinadas.

Para os sons explosivos, como esperado, as médias dos parâmetros acústicos foram semelhantes aos obtidos no estudo de Barcellos e Santos (2021) no litoral norte de São Paulo. Para os demais parâmetros, os valores médios obtidos neste estudo variaram bastante em comparação aos estudos anteriores realizados com indivíduos de *P. blainvillei*, o que pode ser explicado pela utilização de diferentes referenciais para categorizar esse tipo de som. Por exemplo, Cremer et al. (2017) consideraram os sons explosivos como trens de cliques com ICI < 5ms, enquanto neste estudo foi utilizado ICI < 10ms.

O MAP é uma ferramenta muito importante para o melhor entendimento do comportamento acústico das toninhas. A descrição do repertório acústico desses animais ao longo de sua distribuição constitui uma etapa necessária para a elaboração de estratégias visando a conservação dos estoques populacionais da espécie.

6 CONCLUSÃO

Os parâmetros acústicos de cliques de ecolocalização e de sons explosivos de toninhas no litoral norte do Estado de São Paulo foram descritos para as quatro estações do ano. Os valores obtidos foram semelhantes aos observados anteriormente na região.

O inverno foi o período com os maiores valores médios de frequência mínima, frequência de pico e frequência central dos cliques de ecolocalização.

As detecções de toninhas ocorreram em quantidade expressivamente maior durante a primavera, especialmente em comparação com o verão.

A quantidade de sons explosivos foi consideravelmente inferior à quantidade de cliques de ecolocalização detectados durante o monitoramento. Não foi observada uma relação entre o período do dia e o tipo de som emitido pelas toninhas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M. C.; READ, A. J. Habitat selection of foraging bottlenose dolphins in relation to boat density near Clearwater, Florida. **Marine Mammal Science**, v. 16, n. 4, p. 815-824, 2000.
- AU, W.W. et al. Demonstration of adaptation in beluga whale echolocation signals. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 77, n. 2, p. 726-30, 1985.
- AU, W.W.L. **The Sonar of Dolphins**. Springer-Verlag, New York, NY, p. 277, 1993.
- BALLANCE, L. T. Cetacean Ecology. In: PERRIN, W.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. **Encyclopedia of Marine Mammals**. 2 ed. Canada: Academic Press, p. 196-201, 2009.
- BANNISTER, J. L. Baleen Whales (Mysticetes). In: PERRIN, W.; WÜRSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. **Encyclopedia of Marine Mammals**. 2 ed. Canada: Academic Press, p. 80-89, 2009.
- BARBOSA, A. P. M. et al. Transplacental transfer of persistent organic pollutants in La Plata dolphins (*Pontoporia blainvillei*; Cetartiodactyla, Pontoporiidae), **Science of The Total Environment**, v. 631–632, p. 239-245, 2018.
- BARCELLOS, D. D.; SANTOS, M. C. O. S. Echolocation characteristics of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Marine Mammal Science**, v. 37, n. 3, p. 1139-1149, 2021.
- BAZÚA-DURÁN, C.; AU, W. W. L. The whistles of Hawaiian spinner dolphins. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 112, n. 6, p. 3064-3072, 2002.
- BERENS-MCCABE, E. J. et al. Prey selection by resident common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. **Marine Biology**, v. 157, p. 931-942, 2010.
- BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM. **Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software** Version 1.5. [computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. 2014. Disponível em <http://www.birds.cornell.edu/raven>.
- BORDINO, P. et al. Reducing incidental mortality of franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* with acoustic warning devices attached to fishing nets. **Mammal Science**, n. 18, p. 833-842, 2002.
- BRANSTETTER B. K. et al. Killer whale (*Orcinus orca*) behavioral audiograms. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 141, p. 2387, 2017.
- BRANSTETTER, B. K.; MERCADO, E. III. Sound localization by cetaceans. **International Journal of Comparative Psychology**, v. 19, n.1, p. 26-61, 2006.
- BUSNEL, R. G.; DZIEDZIC, A.; ALCURI, G. Preliminary studies of acoustic signals of *Pontoporia blainvillei*, Gervais et d'Orbigny (Cetacea, Platanistidae). **Mammalia**, n. 38, p. 449-459, 1974.

CARSTENSEN J.; HENRIKSEN O. D.; TEILMAN J. Impacts of offshore wind farm construction on harbour porpoises: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (T-PODs). **Marine Ecology Progress Series**, v. 321, p. 295–308, 2006.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L.B.; MIYAO, S. Y. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo. v. 35, n. 2, p. 135-151, 1987.

CERDA, C.; CASTRO, B.M. Hydrographic climatology of South Brazil Bight Shelf Waters between São Sebastiao (24°S) and Cabo São Tome (22°S). *Continental Shelf Research*, v. 89, p. 5-14, 2013.

CHRISTIANSEN, F. et al. Effects of Tourist Boats on the Behaviour of Indo-Pacific Bottlenose Dolphins Off the South Coast of Zanzibar, **Endangered Species Research**, v. 11, p. 91-99, 2010.

CLAUSEN, K. T. et al. Click communication in harbour porpoises *Phocoena phocoena*. **Bioacoustics**, v. 20, n. 1, p. 28, 2010.

COMMITTEE ON TAXONOMY. 2022. **List of marine mammal species and subspecies**. **Society for Marine Mammalogy**, www.marinemammalscience.org, consultado em 11/04/2023.

CREMER, M. J. **Ecologia e conservação de populações simpátricas de pequenos cetáceos em ambiente estuarino no sul do Brasil**. (PhD Thesis) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 212 p. 2007.

CREMER, M. J.; SIMÕES-LOPES, P. C. Distribution, abundance and density estimates of franciscana, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea: Pontoporiidae), in Babitonga Bay, southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.25, n. 3, p. 397-402. 2008.

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, 2017.

CRESPO, E. A.; HARRIS, G.; GONZÁLEZ, R. Group size and distributional range of the franciscana, *Pontoporia blainvillei*, **Marine Mammal Science**, v.14, p. 845-849, 1998.

DANILEWICZ, D. J. A. et al. Reproductive biology of male franciscanas (*Pontoporia blainvillei*) (Mammalia: Cetacea) from Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Fishery Bulletin**, v. 102, p. 581-592, 2004.

DANILEWICZ, D. et al. Habitat use patterns of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) off southern Brazil in relation to water depth. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 89, n. 5, p. 943– 949, 2009.

DAWSON, S. M. The potential for reducing entanglement of dolphins and porpoises with acoustic modifications to gillnets, **Report of the International Whaling Commission**, v. 15, p. 573–578, 1994.

DENUNCIO, P. et al. Plastic ingestion in Franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Gervais and d'Orbigny, 1844), from Argentina. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1836–1841, 2011.

DEDE, A. et al. Long-term passive acoustic monitoring revealed seasonal and diel patterns of cetacean presence in the Istanbul Strait. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 06, p. 1195–1202, 2013.

DI BENEDITTO, A. P.; RAMOS R.; LIMA. N. R. W. Sightings of *Pontoporia blainvillei* (Gervais; D'Orbigny, 1844) and *Sotalia fluviatilis* (Gervais, 1853) (Cetacea) in Southeastern Brazil, **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, n. 3, p. 291-296, 2001.

DI BENEDITTO, A.P.M. et al. **Plano de Ação da Toninha (*Pontoporia blainvillei*)**. Rio de Janeiro. 31 pp. 2005.

DO AMARAL, K.B. et al. Reassessment of the franciscana *Pontoporia blainvillei* (Gervais; d'Orbigny, 1844) distribution and niche characteristics in Brazil, **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 508, p. 1–12, 2018.

FERRY-GRAHAM, L. A.; LAUDER, G. V. Aquatic Prey Capture in Ray-Finned Fishes: A Century of Progress and New Directions. **Journal of Morphology**. v. 248, p. 99 –119, 2001.

GÖTZ, T.; ANTUNES, R.; HEINRICH, S. Echolocation clicks of free-ranging Chilean dolphins (*Cephalorhynchus eutropia*). **The Journal of the Acoustic Society of America**, v. 128, p. 563-566, 2010.

HAWKINS, A. D.; POPPER, A. N. Directional hearing and sound source localization by fishes. **The Journal of the Acoustic Society of America**, v. 144, n. 6, p. 3329-3350, 2018.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DE BIODIVERSIDADE. **Guia de Ilustrado de Identificação de Cetáceos e Sirênios do Brasil**. CMA ed. Brasília, DF. 70p. 2019.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DE BIODIVERSIDADE. **Plano de manejo da Estação Ecológica Tupinambás e Refúgio de Vida Silvestre do Arquipélago de Alcatrazes**. v. 2, p. 43, 2020.

JEFFS, A.; TOLIMIERI, N.; MONTGOMERY, J. C. Crabs on cue for the coast: the use of underwater sound for orientation by pelagic crab stages. **Marine and Freshwater Research**. v. 54, p. 841–845, 2003.

JOHANNESSEN, A.; DUNN, A. M.; MORRELL, L. J. Olfactory cue use by three-spined sticklebacks foraging in turbid water: prey detection or prey location? **Animal Behaviour**, v. 84, p.151-158, 2012.

JOHNSON, M. et al. Beaked whales echolocate on prey. **Proceedings of the Royal Society, Londres**, v. 271, p. 383–386, 2004.

- KATAOKA, S. Y. **Indicadores da qualidade da experiência do visitante no Parque Estadual da Ilha Anchieta**. Dissertação (Mestrado). Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 97p. 2004.
- KASUYA, T.; R. L. BROWNELL JR. Age determination, reproduction, and growth of the franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei*, **The Scientific Reports of the Whales Research Institute**, v. 31, p. 45–67, 1979.
- 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, 2010.
- LAMMERS, M.O.; AU, W. L.; HERZING, D. L. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 114, n. 3, p. 1629-1639, 2003.
- LOCASCIO, J.; D. MANN. Localization and source level estimates of black drum (*Pogonias cromis*) calls. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 130, p. 1868–1879, 2011.
- MADSEN, P.T. et al. Porpoise clicks from a sperm whale nose – convergent evolution of 130 kHz pulses in toothed whale sonars? *Bioacoustics*, v. 15, n. 195–206, 2005.
- MELCÓN, M. L.; FAILLA, M.; INÍGUEZ, 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. 448-453, 2012.
- MELCÓN, M. L.; FAILLA, M.; INIGUEZ, M. A. Towards understanding the ontogeny of echolocation in franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Marine Mammal Science**, v. 32, n. 4, p. 1516-1521, 2016.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União, Seção 1 n. 245, p. 121-126. 2014.
- MORISAKA, T. et al. Echolocation signals of Heaviside's dolphins (*Cephalorhynchus heavisidii*). **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 129, n. 1, p. 449-457, 2011.
- NEWTON, K. C.; GILL, A. B.; KAJIURA, S. M. Electroreception in marine fishes: chondrichthyans. **Journal of Fish Biology**. v. 95, p. 135–154, 2019.
- OTT, P. H. E. R. et al. Report of the Working Group on Fishery Interactions. **Latin American Journal of Aquatic Mammals** (Special Issue 1), p. 55–64, 2002.
- PAITACH, R. L. et al. Echolocation variability of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) between estuarine and open-sea habitats, with insights into foraging patterns. **The Journal of the Acoustical Society of America** v.150, p. 3987-3998, 2021.

- PAITACH, R. L. et al. Critically endangered franciscana dolphins in an estuarine area: fine-scale habitat use and distribution from acoustic monitoring in Babitonga Bay, southern Brazil. **Marine Ecology Progress Series**, v. 707, p. 131-150. 2023.
- PASO-VIOLA, M. N. et al. Diet composition of Franciscana Dolphin *Pontoporia blainvillei* from southern Buenos Aires, Argentina and its interaction with fisheries. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 49, p. 393-400. 2014.
- PILLERI, G. Adaptation to water and the evolution of echolocation in the Cetacea. **Ethology Ecology & Evolution** 2, p. 135-163, 1990.
- PIROTTA, E. Vessel Noise Affects Beaked Whale Behavior: Results of a Dedicated Acoustic Response Study. **PLoS ONE**, v.7, n.8, p. e42535. 2012.
- RAMOS, R.M.A.; DI BENEDITO, A.P.M; LIMA, N.R.W. Growth parameters of *Pontoporia blainvillei* and *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) in northern Rio de Janeiro, Brazil. **Aquatic Mammals**, v.26, p. 65-75, 2000.
- RICHARDSON, W. J. et al. **Marine mammals and noise**. London: Academic Press. 1995.
- RODRÍGUEZ D.; RIVERO L.; BASTIDA R. Feeding ecology of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in marine and estuarine waters os Argentina. **The Latin America Journal of Aquatic Mammals**, v. 1, n.1, p. 77-94, 2002.
- SANTOS, M.C.O.; NETTO, D.F. Killer whale (*Orcinus orca*) predation on a franciscana dolphin (*Pontoporia brainvillei*) in Brazilian waters. **Latin America Journal of Aquatic Mammals**, v. 4, p. 69–72. 2005.
- SANTOS, M.C.O. et al. Cetacean records along São Paulo state coast, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 123-142. 2010.
- SANTOS, M.C.O. et al. Cetacean Movements in Coastal Waters of the Southwestern Atlantic Ocean. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 2, 2019.
- SICILIANO, S.; DI BENEDITTO, A. P. M.; RAMOS, R. M. A. A toninha, *Pontoporia blainvillei* (Gervais; d'Orbigny, 1844) (Mammalia, Cetacea. Pontoporiidae), nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, costa sudeste do Brasil: caracterização dos habitats e fatores de isolamento das populações. **Boletim do Museu Nacional – Zoologia**, v. 476, p. 1-15, 2002.
- SILVA, D. F. et al. Reproductive parameters of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) of Southeastern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 36, p. 1291–1308, 2020.
- SØRENSEN, P. M. et al. Click communication in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). **Scientific Reports**, v. 8, p. 9702, 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, p. 241-246, 1981.

- TELLECHEA, J. S.; NORBIS, W. Sound characteristics of two neonatal franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Marine Mammal Science**, v. 30, n. 4, 2014
- 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, 2016.
- TELLECHEA J. S. et al. Feeding habits of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*): echolocation or passive listening? **Aquatic Mammals**, v. 43, p. 440–44, 2017.
- TODD, N. R. et al. Using passive acoustic monitoring to investigate the occurrence of cetaceans in a protected marine area in northwest Ireland. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 232, p. 106509, 2020.
- TYACK, P. L. Studying how cetaceans use sound to explore their environment. In: **Perspectives in Ethology**. D. H. Owings, M. D. Beecher and N. S. Thompson. New York, Plenum Press. v. 12, p. 251-297, 1997.
- TYACK, P. L.; MILLER, E. H. Vocal anatomy, acoustic communication and echolocation. **Marine Mammal Biology: an evolutionary approach**. Oxford. p. 142-184, 2002.
- URICK, R. J. **Principles of underwater sound for engineers**. McGraw-Hill, New York, p. 103, 1975.
- VAN PARIJS, S. M. et al. Management and research applications of realtime and archival passive acoustic sensors over varying temporal and spatial scales. **Marine Ecology Progress Series**, v. 395, p. 21-36, 2009.
- VERFUSS U. K. et al. Geographical and seasonal variation of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) presence in the German Baltic Sea revealed by passive acoustic monitoring. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, p. 165–176. 2007.
- VILLADSGAARD, A.; WAHLBERG, M.; TOUGAARD, J. Echolocation signals of wild harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. **Journal of Experimental Biology**, v. 210, p. 56–64. 2007.
- WELLS R. S.; BORDINO P.; DOUGLAS D. C. Patterns of social association in the franciscana, *Pontoporia blainvillei*. **Marine Mammal Science**, v. 29, n. 4, p. E520–E528, 2013.
- WELLS R. S. et al. Tagging, ranging patterns, and behavior of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) off Argentina and Brazil: considerations for conservation. **Marine Mammal Science**, v. 38, p. 571–605. 2021.
- WILGA, C. D.; MOTTA, P.J.; SANFORD, C.P. Evolution and ecology of feeding in elasmobranchs. **Integrative and Comparative Biology**, v. 47, n. 1, p. 55–69, 2007.
- ZERBINI, A. N. et al. *Pontoporia blainvillei*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2017.

ZIMMER, W. M. X. Range estimation of cetaceans with compact volumetric arrays. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 3, p. 2610-2618, 2013.