UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO''

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

CAMPUS DO LITORAL PAULISTA

Lucas Pereira Santos

Monitoramento Síncrono Acústico e Visual do Comportamento de Caça de *Sotalia guianensis* (Cetartiodactyla, Delphinidae) em Declive de Praia em Ilha Comprida, SP.

SÃO VICENTE

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO''

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

CAMPUS DO LITORAL PAULISTA

Lucas Pereira Santos

Monitoramento Síncrono Acústico e Visual do Comportamento de Caça de *Sotalia guianensis* (Cetartiodactyla, Delphinidae) em Declive de Praia em Ilha Comprida, SP.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências da UNESP – Campus do Litoral Paulista para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, modalidade Gerenciamento Costeiro. Orientador: Mario Manoel Rollo Jr.

SÃO VICENTE

2021

S237m

Santos, Lucas Pereira

Monitoramento Síncrono Acústico e Visual do Comportamento de Caça de Sotalia guianensis (Cetartiodactyla, Delphinidae) em Declive de Praia em Ilha Comprida, SP. / Lucas Pereira Santos. -- São Vicente, 2021

40 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientador: Mario Manuel Rollo Jr

1. Bioacústica. 2. Comportamento. 3. Drones. 4. Cetáceos. 5. Sotalia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, São Vicente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

"A Terra não pertence ao homem, é o homem que pertence à Terra."

Chefe Indígena Seattle

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao meu amigo e orientador Mario Rollo, pelas oportunidades e ensinamentos durante minha jornada na graduação. A todos os membros do grupo de pesquisa IAPETUS pelas discussões, saídas de campo e auxílio durante o estudo. A todos os meus amigos da turma XIV. À minha família, que sempre me incentivou a buscar meus sonhos e objetivos profissionais. Ao Grege, minha segunda família. À Luiza, pelo companheirismo e parceria em todas as situações possíveis.

RESUMO

Estudos com mamíferos marinhos apresentam dificuldades principalmente em relação à coleta de dados comportamentais. O recente avanço tecnológico introduziu os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) a estudos com vida selvagem, permitindo que pesquisadores acessem áreas remotas e observem animais em seu ambiente natural de uma perspectiva vantajosa e menos invasiva. No extremo sul de Ilha Comprida, indivíduos de boto-cinza (*Sotalia guianensis*) realizam comportamentos complexos de caça no declive da praia. A associação de dados comportamentais à acústicos pode fornecer entendimento da função das vocalizações. Aqui descrevemos o comportamento acústico dos botos durante dois eventos comportamentais realizados próximo ao declive de praia utilizando uma técnica de coleta síncrona de dados comportamentais acústicos e visuais. Encontramos diferenças significativas nas frequências mínima e máxima e na duração dos assobios entre os dois comportamentos ($p<0,05$). Evidenciamos como a modulação dos assobios em *Sotalia guianensis* da população de Cananéia pode estar associado aos diferentes comportamentos realizados durante as estratégias de caça na praia e pontuamos a importância da caracterização acústica como ferramenta para estudos de monitoramento acústico passivo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

2. MATERIAIS E MÉTODOS. 5

Área de Estudo 5

Coleta de Dados 5

Análise de Dados 6

Sincronização de Dados 7

Análises Estatísticas 8

3. RESULTADOS 9

Perseguição 9

Perseguição com Borbulhos 9

Associação Gargarejos e Produção de Borbulhos. 10

Assobios. 10

4. DISCUSSÃO 11
5. REFERÊNCIAS. 14
6. TABELAS 21
7. FIGURAS. 25

1. INTRODUÇÃO

Mamíferos marinhos são notoriamente difíceis de serem estudados, particularmente no que diz respeito à coleta detalhada de dados comportamentais (Mann, 1999; Horton et al. 2019; Landeo-Yauri et al. 2020). A maioria das técnicas usadas para mamíferos terrestres não se aplica para os marinhos, devido não só ao curto período de tempo em que podem ser observados quando emersos, mas também pela redução de sua detectabilidade quando estão submersos (Nowacek et al. 2016; Garcia-Garin et al. 2019). A utilização recente de veículos aéreos não tripulados (VANTs) como, por exemplo, os drones, tem permitido obter dados a partir de perspectivas aéreas com maior estabilidade, poluição sonora reduzida e baixo custo quando comparada a métodos tradicionais que restringiam as observações de animais silvestres feitas a partir de aeronaves convencionais (Torres et al. 2018). Essas novas tecnologias estão se tornando vitais para o avanço nas pesquisas relacionadas ao entendimento do modo de vida de animais silvestres em seu habitat. Nos últimos anos, drones têm sido utilizados para obter dados de diferentes animais marinhos, como tubarões e raias (Kiszka et al. 2016), sirênios (Ramos et al. 2018), aves marinhas (Hodgson et al. 2018), pinípedes (Sweeney et al. 2016; McIntosh et al. 2018) e tartarugas-marinhas (Rees et al. 2018). Se compararmos com a amostragem da fauna marinha por meio de aeronaves convencionais, o uso de drones melhora a segurança do trabalho (risco de fatalidade reduzido) e reduz o impacto visual e auditivo tanto para animais silvestres como para pessoas (Kelaher, 2019). Por isso, o uso de VANTs foi proposto para estudar também o comportamento de cetáceos (Nowacek et al. 2016; Christiansen, 2016; Fiori, 2017). Esse tipo de equipamento permite que os pesquisadores acessem áreas remotas e observem animais de uma perspectiva vantajosa e menos invasiva (Fiori et al., 2017; Fettermann, 2019). Em cetáceos, os estudos que utilizaram drones obtiveram dados comportamentais, ecológicos, morfológicos e possibilitaram até amostrar os borrifos emitidos pelo respiradouro de algumas espécies de baleias e golfinhos (Durban et al, 2015; Durban et al. 2016; Christiansen, 2016; Dawson, 2017; Raudino et al. 2017; Ramos et al. 2018; Torres, 2018; Dominguez-Sanchez, 2018; Fiori et al., 2020; Fettermann, 2019; Horton, 2019; Frouin-Mouy, 2020).

Em ambientes aquáticos, a luz se atenua rapidamente com a profundidade, limitando a comunicação visual. Por outro lado, o som se propaga cinco vezes mais rápido na água em relação ao ar. Portanto, é uma maneira muito mais eficiente de comunicar informações diversas sobre o meio. Por esse motivo, o som é a principal forma de comunicação,

navegação e forrageio e muitos dos comportamentos e interações sociais de cetáceos são mediados por suas vocalizações (Tyack, 1999, 2000; Berta et al. 2015; Barbosa, 2019). Além de sons vocais, esses animais utilizam sons não vocais (p. ex. batidas de cauda, emissões de bolhas e saltos) para comunicação, que assim desempenham um papel fundamental em suas interações e comportamentos sociais (Bradbury & Vehrencamp, 1998; Frouin-Mouy, 2020). Estes sinais são usados em diferentes contextos ecológicos, incluindo forrageamento, competição, defesa, interações sociais (p. ex. corte), e também podem indicar uma condição, estado emocional ou reprodutivo, ou identidade do emissor do sinal (Gannon et al., 2005; Janik et al., 2006, 2009).

Como fator-chave da biologia dos cetáceos, a bioacústica pode nos proporcionar uma grande riqueza de informações e ser usada como ferramenta para adquirir dados do uso de habitat, parâmetros populacionais e comportamentos. Entretanto, é necessário primeiro conhecer o repertório vocal das espécies em maior detalhe, de modo que possamos diferenciá-las usando métodos bioacústicos (May-Collado, 2007; Berta et al. 2015; Cremer et al. 2017; Deecke et al. 2010). Os assobios são sons que variam entre as diferentes espécies e populações da família Delphinidae. Alguns de seus parâmetros acústicos, como duração e modulação de frequência, tendem a variar intraespecificamente (Matthews et al, 1999; Podos, 2002; May-Collado, 2007). Essas variações podem resultar de adaptações a condições ecológicas locais, bem como do isolamento geográfico e da divergência genética entre grupos e populações (Bazúa-Durán, 2004; Rossi-Santos & Podos, 2006). Diversos estudos foram realizados com delfinídeos em cativeiro, registrando e analisando sons associados à ecolocalização (Norris et al. 1961; Norris 1969; Graham, 2010) e à comunicação social (Caldwell & Caldwell 1968, 1969; Sayigh et al. 1990). Entretanto, animais em cativeiro podem não produzir o repertório completo de sons da espécie, fazendo com que estudos sob condições naturais, que levam em conta a análise do contexto social e comportamental em que ocorrem, se tornem estritamente necessários (Monteiro–Filho, 2001; Frouin-Mouy, 2020).

O exame do contexto comportamental em que as vocalizações ocorrem tem sido conduzido com diversos grupos zoológicos, tais como insetos (Thorson, 1982), anfíbios (Toledo, 2015), peixes (Bass, 1997), aves (Naguib & Janik, 2009) e mamíferos (Gadziola, 2012). Em cetáceos, diferentes estudos investigaram a relação entre propriedades acústicas das vocalizações e contextos comportamentais e o entendimento desta relação vem

aumentando nos últimos anos (Jacobs et al., 1993; Jones & Sayigh, 2002; Nowacek, 2005; Quick & Janik, 2008; Graham, 2010; Henderson, 2012; Lunardi, 2013; May-Collado, 2013). A observação do contexto comportamental em que os cetáceos realizam vocalizações é desafiadora pela logística de conduzir observações visuais embarcadas e pela dificuldade intrínseca de associar vocalizações (que acontecem abaixo da água) a comportamentos específicos que acontecem na superfície (Frouin-Mouy, 2020). Portanto, o estudo das propriedades das emissões acústicas de animais em condições naturais e a análise do contexto em que ocorrem se fazem necessários para a obtenção de dados relevantes (Monteiro-Filho, 2001).

O boto-cinza (*Sotalia guianensis*) é um pequeno delfinídeo que ocupa habitats marinhos costeiros e estuarinos ao longo da porção oeste do Atlântico Sul, distribuindo-se desde a América Central até a região Sul do Brasil (Santos, 2007; Monteiro-Filho et al. 2018) Atualmente, a espécie está classificada com o status de "quase ameaçada (NT)" pela União Internacional para Conservação da Vida Silvestre (IUCN—Internacional Union for Conservation of Nature, 2021). Na região estuarino-lagunar de Cananéia, litoral sul do estado de São Paulo, os botos-cinza interagem com cercos fixos de pesca artesanal. Quando estão forrageando, os botos ocasionalmente conduzem os cardumes até a praia, próximo de onde os cercos ficam instalados. Dessa maneira, os botos reduzem o número de possíveis rotas de fuga de sua presa. Quando o cardume se aproxima da estrutura do cerco e do declive natural da praia, sua formação inicial se desfaz e os indivíduos se espalham. Isso permite que os botos os capturem com maior facilidade através de diferentes tipos de comportamento (Monteiro–Filho, 1995; Louzada, 2013). Esses comportamentos de caça variam desde comportamentos mais simples como a perseguição, até os mais complexos como perseguição com borbulhas (Monteiro-Filho, 1991). Nos comportamentos de perseguição com bolhas, o boto localiza e conduz um cardume na direção do declive da praia, então cria uma cortina de bolhas ao expulsar o ar dos pulmões. Os comportamentos de perseguição têm início com a condução de um cardume até a praia, seguido por natação rápida do animal em posição deitada (com uma das nadadeiras peitorais voltada para a superfície) rumo à sua presa (Figura 1). Na etapa final, em ambas as perseguições, o método de atordoamento e captura pode variar (Monteiro-Filho, 1991; Louzada, 2014).

O repertório acústico de *Sotalia guianensis* é composto por assobios, estalidos, grasnidos e gargarejos (Leão et al. 2016). Os assobios são sons tonais com modulação de

frequência ao longo do tempo e são muito estudados dentre os delfinídeos (May-Collado, 2007; Morisaka, 2012). Estalidos são cliques de alta frequência utilizados durante a ecolocalização (Leão, 2016; dos Santos, 2018). Gargarejos são sons incomuns, primeiramente descritos para *Sotalia guianensis* como similares a gargarejos humanos e aparentemente emitido por filhotes, já que durante pequenos períodos de tempo em que dois filhotes estavam ativos, os resultados indicaram maior a frequência da ocorrência desse tipo de som (Monteiro-Filho, 2001). Os autores os caracterizaram como formados por uma longa sequência de notas graves com dois harmônicos, modulação de frequência em cerca de 0.3 kHz e frequência média de duração de 3 s, podendo atingir 20 s. Um estudo mais recente evidenciou que os gargarejos são de fato sons tonais com uma estrutura harmônica incomum, mas que ocorrem na presença de diferentes composições de grupos, incluindo adultos solitários (Miyamoto & Rollo, 2021 *em prep.*). Os autores ainda sugerem a hipótese de que os gargarejos possam estar associados às estratégias de caça realizada por indivíduos em águas rasas próximas à praia. Ainda com relação a *S. guianensis*, diferentes estudos revelaram que existe variação nos parâmetros acústicos de assobios entre populações distintas (Rossi-Santos & Podos, 2006), áreas geográficas adjacentes (Andrade et al. 2015) e entre dia e noite (Deconto & Monteiro-Filho, 2016). Em estudos da associação entre vocalizações e comportamentos de superfície, os autores destacam que as observações embarcadas limitavam a coleta de dados comportamentais (May-Collado, 2013). Dessa maneira, percebe- se necessária a descrição acústica de eventos comportamentais específicos para entender a relação entre os sinais acústicos e o contexto em que foram produzidos.

No intuito de entender a relação entre as vocalizações produzidas durante os comportamentos de caça dos botos-cinza em declive de praia no complexo estuarino-lagunar de Cananéia, realizamos uma investigação das emissões sonoras produzidas durante intervalos específicos dos eventos comportamentais. Demonstramos aqui uma técnica de coleta síncrona de dados comportamentais acústicos e visuais (por drones) e que possibilitará ampliar a compreensão sobre a função e as propriedades dos sons produzidos por mamíferos aquáticos e suas relações com contextos comportamentais. Desejamos investigar se existe associação entre tipos específicos de vocalizações produzidas por grupos de botos-cinza (*Sotalia guianensis*) e os comportamentos realizados durante as estratégias de caça no declive de praia. Descrevemos assim os parâmetros acústicos das vocalizações realizadas em dois comportamentos: perseguição e perseguição com borbulhas; analisamos se existe diferença nos parâmetros acústicos dos assobios emitidos entre os dois comportamentos; testamos

ainda se houve diferença entre os assobios emitidos durante as mesmas etapas nos dois comportamentos; finalmente, testamos a hipótese de que os gargarejos estão associados aos comportamentos de perseguição com borbulhas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no extremo sul de Ilha Comprida, parte do complexo estuarino Cananéia-Iguape, inserido na APA-CIP (Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe) sul do Estado de São Paulo (25,05ºS, 47,91ºW – Figura 2). O estuário se estende por aproximadamente 110 km e é caracterizado por fundos lamosos e águas relativamente rasas com profundidade máxima de 20 m e média de 6 m. Diversas ilhas estão presentes na região estuarina: Cardoso, Cananéia, Iguape e Comprida, sendo esta última a maior, com 70 km². Em 1984, o estuário foi designado como área de proteção ambiental devido à sua enorme importância ecológica, pesqueira e turística (Tundisi & Matsumura- Tundisi, 2001). A área do estudo está localizada especificamente no local conhecido como Ponta da Trincheira, na Ilha Comprida. Esse local oferece visão privilegiada do estuário numa área próxima aos cercos de pesca artesanal, armadilhas feitas de bambu onde os animais forrageiam com alta frequência, em especial durante as marés baixas.

Coleta de Dados

As coletas ocorreram entre os dias 5 e 8 de novembro de 2020. Um sistema de monitoramento acústico passivo (Gravador digital portátil TASCAM DR-40 conectado a um hidrofone Aquarian Audio H2a-XLR) foi instalado em um dos cercos de pesca próximos à praia na qual os observadores estavam (Figura 3). Este sistema operou durante 72 h contínuas. Um outro sistema (Gravador digital portátil M-Audio MicroTrack 24/96 conectado a um hidrofone Aquarian Audio H2) ficou sob controle de um observador na praia (Figura 4). Sempre que um grupo de botos estivesse próximo à praia, o hidrofone era posicionado na coluna d'água sem tocar o fundo e gravava até que o grupo saísse do local. Apenas dados de grupos isolados (sem a presença de outros indivíduos próximos) foram utilizados, para não haver interferência de vocalizações de outros animais fora do grupo analisado. As gravações, tanto manuais como do sistema passivo, foram feitas a uma taxa de amostragem de 48 kHz e resolução de 16 bits. A sensibilidade do sistema foi de -150 dB re $1V.\mu Pa^{-1}$.

Os sobrevoos foram matutinos e feitos com o uso de dois drones DJI (Phantom 4 Pro e Mavic Mini; https://www.dji.com/br/products - Figura 5), em períodos de até 30 minutos, sempre que as condições meteorológicas permitiram (vento Beaufort ≤ 2, sem chuva) e nos momentos em que um grupo de botos era avistado próximo ao cerco equipado com o sistema de coleta acústica passiva ou próximo à praia em que acontecia a coleta acústica manual. Grupos foram definidos como animais em aparente associação, deslocando para a mesma direção e conduzindo a mesma atividade (Henderson, 2012). Os vídeos foram registrados em alta resolução (1980 x 1080 pixels, 60fps).

Análise de Dados

Dados Acústicos

Todos os conjuntos de gravações de sons correspondentes aos períodos de operação do drone foram analisados no software Raven Pro 1.6.1 (Bioacoustics Research Program, Universidade de Cornell, EUA). As gravações manuais foram segmentadas em arquivos de áudio (formato WAV) com 3 min de duração pelo operador do sistema manual na praia. As gravações do sistema de monitoramento acústico passivo foram segmentadas em arquivos com cerca de 11 min de duração por uma configuração do próprio sistema operacional do gravador digital. Cada arquivo de áudio foi analisado manualmente através da inspeção visual de espectrogramas e todos os sons produzidos pelos botos encontrados foram selecionados, classificados e quantificados. Os sons foram classificados em: (i) assobios; (ii) grasnidos; (iii) estalidos; (iv) gargarejos, de acordo com as descrições presentes em Monteiro-Filho (2001) e dos Santos (2018). Para todos os tipos de sons, os seguintes parâmetros acústicos foram obtidos nas seleções (May-Collado, 2009; 2013): duração (em segundos, s); frequência mínima ($F_{mín}$),

frequência máxima ($F_{máx}$); frequência delta (F_{delta}), que indica a diferença entre a mínima e a máxima (em hertz, Hz) e energia (em decibéis, dB). Os dados foram compilados em uma planilha, exportada a seguir em arquivos no formato de texto delimitado por vírgulas (.csv).

Dados Comportamentais

Os dados comportamentais foram extraídos por análise visual dos vídeos utilizando o reprodutor de mídias VLC (VideoLanClient, 2006; VLC media player). Sempre que um indivíduo era visto no vídeo, estivesse ele na superfície da água ou abaixo, os seguintes parâmetros eram coletados: n° de indivíduos visíveis; comportamento mais frequente; estrutura do grupo; horário do evento; local do evento; gravador acústico. A descrição dos comportamentos foi baseada em Monteiro-Filho (1991), sendo discriminados os tipos forrageio, perseguição e perseguição com borbulhas. O forrageio representa os momentos nos quais um animal se encontra em busca de alimento. Neste trabalho, foi considerado como forrageio quando o indivíduo ou grupo vinha à superfície e voltava a se locomover sempre no entorno da região do declive praial, buscando a localização de um cardume ou presa. A perseguição foi definida como o comportamento no qual o animal permanece na posição deitada, próximo ao declive praial; com a aproximação de um pequeno cardume, o animal inicia a natação lateral, aumentando sua velocidade em direção às presas. Já no comportamento de perseguição com borbulhas, o indivíduo adota a postura para mergulho mais profundo antes de se posicionar na posição deitada e produz uma cortina de bolhas, que atua como barreira, impedindo que as presas potenciais escapem e então inicia a natação lateral em perseguição. Cada registro individual de uma perseguição ou perseguição com borbulhos foi definido como um evento comportamental. A estrutura de grupo foi classificada em: mãe-filhote (quando se tinha a certeza de um adulto acompanhado de filhote); adultos (grupo somente de adultos sem filhotes); escorte (mãe com filhote acompanhada de outro adulto).

Sincronização de Dados

Para avaliar a associação entre dados comportamentais e acústicos, foi feita a sincronização temporal entre arquivos simultâneos. A data e horário de início da gravação de cada arquivo de vídeo e de áudio, calibrados para UTM-3, foram utilizados como referência para realizar marcações dos horários nos quais um indivíduo do grupo analisado era visto no vídeo. Cada marcação indicava o horário (hh:mm:ss) e o comportamento realizado pelo grupo no momento da marcação. Foi estimado um intervalo de meio segundo entre os dados de áudio e vídeo, cuja precisão é suficiente para análises comportamentais e acústicas,

segundo Frouin-Mouy *et al.* (2020).Os comportamentos de perseguição e perseguição com borbulhas foram divididos em três períodos de tempo, adaptados de Tannure (2020), sendo eles: pré-perseguição, definido como o período em que o boto se aproxima da praia e assume uma postura deitada encarando o cardume ou a presa; durante-perseguição, quando ocorre o início da perseguição através da natação rápida; pós-perseguição, quando os animais não estão mais engajados na perseguição e retornam a águas mais profundas, independentemente se houve sucesso ou não na captura. Dessa maneira, foi possível contabilizar os tipos de vocalizações produzidas pelos botos a cada uma das etapas do evento comportamental. Para cada um dos eventos comportamentais registrados (perseguição ou perseguição com borbulhas), foi construída uma tabela contendo a sequência de vocalizações e sua classificação de acordo com o período em que foi realizada: pré, durante ou pós. Esses dados foram então agrupados em uma tabela síntese, contendo a quantidade de vocalizações realizadas em cada etapa para todos os eventos de cada comportamento.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas em Excel (Microsoft Office, 2016) com utilização do complemento Real Statistics Resource Pack software (Release 7.2) e também no ambiente de programação R, versão 4.0.3, operando dentro do software RStudio versão 1.4.1103(RStudio: Integrated Development for R, RStudio, PBC, Boston, MA) com o uso do conjunto de pacotes tidyverse. Para determinar se existe associação entre a emissão de gargarejos e os eventos de perseguição com borbulhas, foi feito um teste qui-quadrado em tabela de contingência. Os assobios dos eventos de perseguição e perseguição com borbulhos foram agrupados separadamente e de acordo com o período e comportamento em que ocorreram. A média e o desvio padrão dos assobios de cada período foram obtidas para caracterizar a estrutura desses sons dentro do contexto comportamental registrado. Foi empregado o teste U de Mann-Whitney para determinar se houve diferença significativa nos parâmetros acústicos dos assobios produzidos no mesmo período entre os dois tipos de comportamento e também o teste H de Kruskal-Wallis para determinar se houve diferença significativa entre os assobios produzidos nas diferentes etapas do mesmo comportamento.

3. RESULTADOS

Ao longo dos três dias de coleta, foi obtido um total de 50 minutos e 46 segundos de dados síncronos (áudio e vídeo) de oito grupos de botos, resultando no monitoramento completo de 14 eventos comportamentais. Foram registrados sete eventos de perseguição e sete eventos de perseguição com borbulhas (Tabela 2). Para cada um dos dois comportamentos, foi analisada a relação entre a ocorrência de vocalizações e as fases do comportamento (*pré, durante* e *pós* – Figuras 6 e 7). Durante os contextos comportamentais foram gravados no total 27 estalidos, 183 assobios, 8 gargarejos e 2 grasnidos.

Perseguição

Em eventos de perseguição (Figura 6) houve predomínio de assobios em todas as etapas (82% dos sons em *pré*,85,7% *durante* e 87% *pós*). Estalidos ocorreram em todas as etapas com menor frequência (12,5% *pré*, 9,5% *durante* e 13% *pós*). Gargarejos ocorreram apenas na fase pré (5,4%) e grasnidos apenas durante a perseguição (4,8%). Os três gargarejos produzidos durante os eventos de perseguição apresentaram as seguintes médias para as variáveis analisadas: duração de 0,959 s, $F_{mín}$ de 124,02 Hz, F_{max} de 1002,54 Hz e F_{delta} de 878,52 Hz. Os grasnidos emitidos possuem duração média de 0,140 s, $F_{mín}$ de 1190,72 Hz, F_{max} de 10670,10 Hz e F_{delta} de 2718,75 Hz. O teste H de Kruskal-Wallis revelou que entre as etapas do comportamento de perseguição (pré, durante e pós), não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis analisadas dos assobios: Duração ($H=0,711$, $p=0,70$, $N = 106$), $F_{mín}$ ($H=3,06$; $p=0,21$, $N=106$), F_{max} ($H=4,675$, $p=0,09$, $N = 106$) e F_{delta} ($H=2,373$, $p=0,30$, $N=106$).

Perseguição com borbulhos

Nos eventos de perseguição com borbulhas (Figura 7) o predomínio de assobios se manteve em todas as etapas (86,5% *pré*, 81,5% *durante* e 76,7% *pós*), seguido pelos estalidos (7,1% *pré*, 18,5% *durante* e 16,7% *pós*). Gargarejos ocorreram nas etapas pré (7,1%) e pós (6,7%) e não foram registrados grasnidos durante os eventos de perseguição com borbulhos.

Os gargarejos tiveram as seguintes médias encontradas para as variáveis: duração de 1,250 s; $F_{mín}$ de 392,28 Hz; F_{max} de 1964,91 Hz; e F_{delta} de 1572,62 Hz. O teste H de Kruskal- Wallis revelou que entre as etapas do comportamento de perseguição com borbulhos (pré, durante e pós), não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis analisadas dos assobios: Duração ($H=0,045$, $p=0,97$, $N = 81$), $F_{mín}$ ($H=0,861$; $p=0,65$, $N=81$), F_{max} ($H=0,99$, $p=0,607$, $N = 81$) e F_{delta} ($H=1,397$, $p=0,49$, $N=81$).

Associação entre Gargarejos e Produção de Borbulhas

O teste das associações entre eventos de perseguição com borbulhas e presença de gargarejos revelou que não há associação entre este tipo de vocalização e o comportamento em questão ($x^2=1$, $p=0,38$, $N=14$). A proporção de eventos de perseguição associados à presença de gargarejos, foi a mesma para a ausência de gargarejos. Além disso, os gargarejos foram emitidos tanto por grupos de adultos quanto por escortes.

Assobios

Dentre as variáveis acústicas analisadas nos assobios (Figura 8), houve diferença significativa entre a duração ($p<0,005$), $F_{mín}$ ($p<0,005$) e F_{max} ($p<0,005$) dos assobios entre os dois comportamentos. Apenas para a F_{delta}, que indica variação entre mínima e máxima, não houve diferença ($p=0,528$).

4. DISCUSSÃO

Estudos anteriores que investigaram a relação entre comportamentos e variação na estrutura dos assobios de delfinídeos (Hawkins et al. 2010; Díaz-López, 2011; Henderson, 2012; May-Collado, 2013) concentram os esforços em analisar comportamentos gerais, não especificando as estratégias de caça utilizadas em comportamentos de forrageio ou eventos comportamentais específicos que ocorrem durante a observação visual. Isso pode gerar falhas ao associar vocalizações que ocorram simultaneamente às mudanças de comportamento. Nesse estudo, com a utilização de drones, foi possível observar e determinar as etapas sequenciais dos comportamentos de pesca em praia pelos botos, atingindo resultados mais confiáveis de observação comportamental, que tem sido, de alguma forma, limitada em outras investigações pelo fato da observação visual ser feita a partir de ponto-fixo ou embarcada.

Os assobios representam o principal tipo de vocalização utilizado por botos-cinza para comunicação e interação social (Leão et al. 2016). Alterações em parâmetros de frequência dos assobios podem estar associadas à mudança comportamental em delfinídeos (Henderson, 2012; May-Collado, 2013). Alguns estudos reportaram variação intraespecífica da duração dos assobios dentro de populações de delfinídeos (Rendell et al. 1999) e também entre as populações (Bazúa-Durán & Au, 2004). Nossos resultados mostram que os botos-cinza podem modificar diferentes parâmetros dos assobios de acordo com o comportamento de caça realizado, apresentando padrões diferentes na estrutura dos assobios de acordo com a técnica de perseguição a ser realizada. Os assobios observados nos dois comportamentos diferiram entre si no domínio do tempo e da frequência ($p<0,005$), com exceção da frequência delta ($p=0,528$). Evidenciamos que existe uma variação nos atributos de frequência dos assobios emitidos entre os dois comportamentos realizados durante a estratégia de caça na praia próxima aos cercos. Isso pode acontecer pelos seguintes motivos: a especialização comportamental de cetáceos visa reduzir os custos de forrageamento, aumentando a eficácia do processo de captura de presas (Patterson & Mann, 2011). A plasticidade comportamental, definida como a diversidade e variação de comportamentos dentro e entre várias populações animais, desempenha papel fundamental na adaptação de animais a diferentes condições ambientais, criando ou aprendendo novas táticas de forrageamento (Snell-Rood 2013). Alguns estudos evidenciaram que diferentes indivíduos da

população de Cananéia usam as mesmas áreas para forrageamento, sugerindo que tenham alta-fidelidade de habitat (p. ex. Monteiro-Filho et al. 2018). Os comportamentos complexos de perseguição e perseguição com bolhas (ou borbulhas) representam os comportamentos de caça mais utilizados na área de estudo, sendo que os eventos de perseguição com bolhas ocorrem quase que com exclusividade nesse local (Figura 9), quando comparados com outros locais da região estuarina de Cananéia (Louzada, 2014). Esses resultados sugerem que os comportamentos sejam específicos do local, como é o caso em outras espécies de delfinídeos, como *O. Orca*, que realiza encalhes intencionais para capturar elefantes- marinhos nas Ilhas Crozet (Guinet & Bouvier, 1995) e na Patagonia (Lopez & Lopez, 1985). Dessa maneira, sugerimos que os eventos de perseguição e perseguição com bolhas podem estar associados a uma informação cultural da população, que é transmitido entre indivíduos que tenham alta-fidelidade de habitat através de comportamentos e características acústicas. Salientamos que outras vocalizações detectadas por esse estudo (estalidos, gargarejos e grasnidos) podem ter associações significantes com determinados eventos comportamentais, como mostrado por estudo recente com indivíduos da população de Cananéia na descrição da estrutura dos estalidos durante eventos de perseguição (Tannure, 2020). Destacamos que não utilizamos estalidos em nossas análises comparativas em razão do sistema de monitoramento acústico passivo ter possivelmente captado um número menor de estalidos. Isso se deve ao fato dos estalidos produzidos serem sons altamente direcionais e que, pela distância e orientação do animal focal em relação ao hidrofone em determinadas situações, os sinais podem não ter sido captados integralmente (Lammers, 2006).

Os parâmetros dos assobios encontrados nesta investigação e que variam com a mudança de comportamento são similares aos encontrados para população de *Sotalia guianensis* da Costa Rica (May-Collado, 2013). Ainda que os comportamentos analisados sejam outros, os nossos resultados evidenciam uma significante relação entre a variação dos parâmetros acústicos dos assobios e determinados comportamentos. As amplas mudanças nos assobios de odontocetos são provavelmente influenciadas por adaptações locais e por uma série de fatores combinados, como diferenças acústicas do habitat (Wang et al. 2019) e condições ecológicas (May-Collado & Wartzok, 2008). A distinção entre assobios dentro da mesma população também podem ser consequência do isolamento geográfico, que resulta na perda de interações sociais entre os indivíduos separados (Hoffman, 2015). Como dito antes, indivíduos da população de Cananéia aparentam possuir alta-fidelidade de habitat, o que resultaria no isolamento desses indivíduos em relação às áreas adjacentes. Gargarejos foram

captados apenas para grupos presentes no estuário de Cananéia, reforçando a ideia de que possa haver um isolamento da população, com vocalizações específicas podendo ocorrer durante comportamentos realizados exclusivamente por esses indivíduos.

De maneira geral, reforçamos conclusões tiradas em outros estudos de que as variáveis acústicas dos assobios para delfinídeos (em especial duração, frequência mínima e máxima) podem ser utilizadas como possíveis indicadores do comportamento a ser realizado (Hernandez et al. 2010). Sugerimos que estudos futuros possam continuar as investigações desses comportamentos, mas para aumentar a precisão da descrição acústica dos eventos, visem uma análise individual. Dessa maneira, a descrição acústica de eventos e contextos comportamentais pode ser utilizada em estudos de monitoramento acústico passivo como indicadora do contexto comportamental do emissor dos sinais (Henderson, 2012).

Concluímos que os dois comportamentos realizados durante estratégia de caça na praia por *S. guianensis* apresentam variações nas estruturas dos assobios associados e sugerimos que essas técnicas de forrageamento, podem ser transmitidas culturalmente dentre os indivíduos que tenham fidelidade de habitat na região sul de Ilha Comprida, com as vocalizações tendo importante papel na indicação dos comportamentos a serem realizados. Entretanto, essas formulações ainda devem ser testadas para determinar um maior embasamento. Reforçamos que as técnicas de coleta utilizadas nesse estudo fornecem subsídios consistentes para entender a associação de comportamentos e vocalizações realizados por mamíferos marinhos em seu ambiente natural.

5. REFERÊNCIAS

AU, Whitlow WL; HASTINGS, Mardi C. Principles of marine bioacoustics. **New York: Springer**, 2008.

AU, Whitlow WL; HASTINGS, Mardi C. Emission of social sounds by marine animals. **In: Principles of Marine Bioacoustics**. Springer, New York, NY, 2008. p. 401-499.

AU, W. The Sonar of Dolphins. **Springer, Berlin**, 1993.

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

BAZÚA-DURÁN, Carmen; AU, Whitlow WL. 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, 2004.

BASS, Andrew H.; BODNAR, Deana A.; MCKIBBEN, Jessica R. From neurons to behavior: vocal-acoustic communication in teleost fish. **The Biological Bulletin,** v. 192, n. 1, p. 158-160, 1997.

BENOIT-BIRD, Kelly J.; AU, Whitlow WL. Phonation behavior of cooperatively foraging spinner dolphins. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 1, p. 539-546, 2009.

BERTA, A.; SUMICH, J. L.; KOVACS, K. M. **Marine mammals Evolutionary biology**. Press A, editor. 2015.

BRADBURY, Jack W. et al. **Principles of animal communication**. 1998.

CALDWELL, David K.; CALDWELL, Melba C. Echolocation-type signals by two dolphins, genus Sotalia. **LOS ANGELES COUNTY MUSEUM CALIF**, 1969.

CALDWELL, Melba C.; CALDWELL, David K. Vocalization of naive captive dolphins in small groups. **Science,** v. 159, n. 3819, p. 1121-1123, 1968.

CHRISTIANSEN, Fredrik et al. Noninvasive unmanned aerial vehicle provides estimates of the energetic cost of reproduction in humpback whales. **Ecosphere**, v. 7, n. 10, p. e01468, 2016.

CREMER, Marta Jussara 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.

DAWSON, Stephen M. et al. Inexpensive aerial photogrammetry for studies of whales and large marine animals. **Frontiers in Marine Science**, v. 4, p. 366, 2017.

DE ANDRADE, Luciana Guimarães 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, 2015.

DEECKE, Volker B. et al. The structure of stereotyped calls reflects kinship and social affiliation in resident killer whales (Orcinus orca). **Naturwissenschaften**, v. 97, n. 5, p. 513-518, 2010.

DECONTO, Lucimary S.; MONTEIRO-FILHO, Emygdio LA. Day and night sounds of the Guiana dolphin, Sotalia guianensis (Cetacea: Delphinidae) in southeastern Brazil. **acta ethologica**, v. 19, n. 1, p. 61-68, 2016.

DOMÍNGUEZ-SÁNCHEZ, Carlos A.; ACEVEDO-WHITEHOUSE, Karina A.; GENDRON, Diane. Effect of drone-based blow sampling on blue whale (Balaenoptera musculus) behavior. **Marine Mammal Science**, v. 34, n. 3, p. 841-850, 2018.

DURBAN, John W. et al. Photogrammetry of killer whales using a small hexacopter launched at sea. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 3, n. 3, p. 131-135, 2015.

DURBAN, John W. et al. Photogrammetry of blue whales with an unmanned hexacopter. **Marine Mammal Science**, v. 32, n. 4, p. 1510-1515, 2016.

FIORI, Lorenzo et al. The use of unmanned aerial systems in marine mammal research. **Remote Sensing**, v. 9, n. 6, p. 543, 2017.

FIORI, Lorenzo et al. Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to assess humpback whale behavioral responses to swim-with interactions in Vava'u, Kingdom of Tonga. **Journal of Sustainable Tourism**, v. 28, n. 11, p. 1743-1761, 2020.

FROUIN-MOUY, Héloïse et al. Using two drones to simultaneously monitor visual and acoustic behaviour of gray whales (Eschrichtius robustus) in Baja California, Mexico. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 525, p. 151321, 2020.

GANNON, Damon P. et al. Prey detection by bottlenose dolphins, Tursiops truncatus: an experimental test of the passive listening hypothesis. **Animal Behaviour**, v. 69, n. 3, p. 709-720, 2005.

GADZIOLA, Marie A. et al. Social vocalizations of big brown bats vary with behavioral context. **PloS one**, v. 7, n. 9, p. e44550, 2012.

GARCIA-GARIN, Odei et al. Who's better at spotting? Comparison between aerial photography and visual methods to monitor floating marine litter and marine mega-fauna. **Environmental Pollution, 2019, vol. 258, p. 113680**, 2019.

GUINET, Christophe; BOUVIER, Jerome. Development of intentional stranding hunting techniques in killer whale (Orcinus orca) calves at Crozet Archipelago. **Canadian Journal of Zoology,** v. 73, n. 1, p. 27-33, 1995.

GRAHAM, Melissa A.; NOONAN, Michael. Call types and acoustic features associated with aggressive chase in the killer whale (Orcinus orca). **Aquatic Mammals**, v. 36, n. 1, p. 9-18, 2010.

HAWKINS, Elizabeth R.; GARTSIDE, Donald 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, 2010.

HORTON, Travis W. et al. Doctor drone: Non-invasive measurement of humpback whale vital signs using unoccupied aerial system infrared thermography. **Frontiers in Marine Science,** v. 6, p. 466, 2019.

HOFFMAN, Jordan M. et al. Comparison of Indo-Pacific humpback dolphin (Sousa chinensis) whistles from two areas of western Peninsular Malaysia. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 138, n. 5, p. 2829-2835, 2015.

HODGSON, Jarrod C. et al. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 5, p. 1160-1167, 2018.

HENDERSON, E. E. et al. The behavioral context of common dolphin (Delphinus sp.) vocalizations. **Marine Mammal Science**, v. 28, n. 3, p. 439-460, 2012.

HERNANDEZ, Erica N.; SOLANGI, Moby; KUCZAJ, Stan A. Time and frequency parameters of bottlenose dolphin whistles as predictors of surface behavior in the Mississippi Sound. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 127, n. 5, p. 3232-3238, 2010.

JANIK, Vincent M.; SAYIGH, Laela S.; WELLS, Randall S. Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 21, p. 8293-8297, 2006.

JANIK, Vincent M. Acoustic communication in delphinids. **Advances in the Study of Behavior**, v. 40, p. 123-157, 2009.

JACOBS, Melanie et al. Seasonal changes in vocalization during behavior of the Atlantic bottlenose dolphin. **Estuaries**, v. 16, n. 2, p. 241-246, 1993.

JONES, Guenevere J.; SAYIGH, Laela S. Geographic variation in rates of vocal production of free-ranging bottlenose dolphins. **Marine Mammal Science**, v. 18, n. 2, p. 374-393, 2002.

KELAHER, Brendan P. et al. Assessing variation in assemblages of large marine fauna off ocean beaches using drones. **Marine and Freshwater Research**, v. 71, n. 1, p. 68-77, 2019.

KISZKA, Jeremy J. et al. Using unmanned aerial vehicles (UAVs) to investigate shark and ray densities in a shallow coral lagoon. **Marine Ecology Progress Series**, v. 560, p. 237-242, 2016.

LANDEO-YAURI, Sarah Sofía et al. Using small drones to photo-identify Antillean manatees: A novel method for monitoring an endangered marine mammal in the Caribbean Sea. **Endangered Species Research**, v. 41, p. 79-90, 2020.

LAMMERS, Marc O.; SCHOTTEN, Michiel; AU, Whitlow WL. The spatial context of free-ranging Hawaiian spinner dolphins (Stenella longirostris) producing acoustic signals. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 119, n. 2, p. 1244-1250, 2006.

LEÃO, Dalila T.; MONTEIRO-FILHO, Emygdio LA; SILVA, Flávio JL. Acoustic parameters of sounds emitted by Sotalia guianensis: dialects or acoustic plasticity. **Journal of Mammalogy**, v. 97, n. 2, p. 611-618, 2016.

LÓPEZ, Bruno Díaz. Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (Tursiops truncatus) in the Mediterranean Sea: Influence of behaviour. **Mammalian Biology**, v. 76, n. 2, p. 180-189, 2011

LOUZADA, Caio Noritake. How do Guiana dolphin (Sotalia guianensis), from the Cananéia estuary in State of São Paulo, use cerco-fixo fish traps in their fishing activities?. **Revista de Etologia**, v. 12, n. 1-2, p. 18-24, 2013.

LOUZADA, Caio Noritake. Características das estratégias de pesca do boto-cinza (Sotalia guianensis) em diferentes regiões do complexo estuarino-lagunar de cananéia. **Acervo Digital UFPR,** 2014.

LUNARDI, Diana G.; FERREIRA, Renata G. Group composition influences on behavioral sequence patterns of the Guiana dolphin Sotalia guianensis. **Journal of ethology**, v. 31, n. 1, p. 49-53, 2013.

MANN, Janet. Behavioral sampling methods for cetaceans: a review and critique. **Marine mammal science**, v. 15, n. 1, p. 102-122, 1999.

MAY-COLLADO, Laura J.; AGNARSSON, Ingi; WARTZOK, Douglas. Phylogenetic review of tonal sound production in whales in relation to sociality. **BMC evolutionary biology**, v. 7, n. 1, p. 1-20, 2007.

MAY-COLLADO, Laura J. Guyana dolphins (Sotalia guianensis) from Costa Rica emit whistles that vary with surface behaviors. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 4, p. EL359-EL365, 2013.

MAY-COLLADO, Laura J.; WARTZOK, Douglas. 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, 2009.

MAY-COLLADO, Laura J.; WARTZOK, Douglas. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic Ocean: factors promoting whistle variation. **Journal of Mammalogy**, v. 89, n. 5, p. 1229-1240, 2008.

MATTHEWS, J. N. et al. A review of frequency and time parameters of cetacean tonal calls. **Bioacoustics**, v. 10, n. 1, p. 47-71, 1999.

MCINTOSH, Rebecca R.; HOLMBERG, Ross; DANN, Peter. Looking without landing—Using remote piloted aircraft to monitor fur seal populations without disturbance. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 202, 2018.

MONTEIRO-FILHO, Emygdio LA et al. Long-term monitoring of dolphins in a large estuarine system of southeastern Brazil. In: **Advances in marine vertebrate research in Latin America**. Springer, Cham, 2018. p. 15-40.

MONTEIRO-FILHO, Emygdio LA. Pesca interativa entre golfinho *Sotalia fluviatilis guianensis* e a comunidade pesqueira da região de Cananéia. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 22, n. 2, p. 15-23, 1995.

MONTEIRO FILHO, Emygdio Leite de Araujo et al. Comportamento de caça e repertório sonoro do golfinho Sotalia brasiliensis (Cetacea: Delphinidae) na região de Cananéia, Estado de São Paulo. 1991.

MONTEIRO-FILHO, Emygdio LA; MONTEIRO, Karin DKA. Low-frequency sounds emitted by Sotalia fluviatilis guianensis (Cetacea: Delphinidae) in an estuarine region in southeastern Brazil. **Canadian Journal of Zoology**, v. 79, n. 1, p. 59-66, 2001.

MYAMOTO, Natasha I.; ROLLO, Jr. Mario M. Adults also allowed: a reassessment of the structure and function of gargling sounds in Guiana dolphins. **Listening for Aquatic Mamals in Latin America,** 2016.

NORRIS, Kenneth S. et al. An experimental demonstration of echolocation behavior in the porpoise, Tursiops truncatus (Montagu). **The Biological Bulletin**, v. 120, n. 2, p. 163- 176, 1961.

NORRIS, K. S. The echolocation of marine mammals. **The biology of marine mammals**, p. 391-423, 1969.

NOWACEK, Douglas P. et al. Studying cetacean behaviour: new technological approaches and conservation applications. **Animal behaviour**, v. 120, p. 235-244, 2016.

NOWACEK, Douglas P. Acoustic ecology of foraging bottlenose dolphins (Tursiops truncatus), habitat-specific use of three sound types. **Marine Mammal Science**, v. 21, n. 4, p. 587-602, 2005.

PODOS, Jeffrey; DA SILVA, Vera MF; ROSSI-SANTOS, Marcos R. Vocalizations of Amazon river dolphins, Inia geoffrensis: insights into the Evolutionary origins of delphinid whistles. **Ethology**, v. 108, n. 7, p. 601-612, 2002.

QUICK, Nicola J.; JANIK, Vincent M. Whistle rates of wild bottlenose dolphins (Tursiops truncatus): Influences of group size and behavior. **Journal of Comparative Psychology**, v. 122, n. 3, p. 305, 2008.

RAMOS, Eric A. et al. Bottlenose dolphins and Antillean manatees respond to small multi-rotor unmanned aerial systems. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 316, 2018.

RAUDINO, Holly C. et al. Challenges of collecting blow from small cetaceans. **Ecosphere**, v. 10, n. 10, p. e02901, 2019.

REES, Alan F. et al. The potential of unmanned aerial systems for sea turtle research and conservation: a review and future directions. **Endangered Species Research**, v. 35, p. 81-100, 2018.

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, 1999.

ROSSI-SANTOS, Marcos R.; PODOS, Jeffrey. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin Sotalia guianensis. **Behaviour**, v. 143, n. 3, p. 347-364, 2006.

SWEENEY, Kathryn L. et al. Flying beneath the clouds at the edge of the world: using a hexacopter to supplement abundance surveys of Steller sea lions (Eumetopias jubatus) in Alaska. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 4, n. 1, p. 70-81, 2015.

SANTOS, MC de O.; ROSSO, S. Ecological aspects of marine tucuxi dolphins (Sotalia guianensis) based on group size and composition in the Cananéia estuary, southeastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2007.

DOS SANTOS, Gabriel Melo Alves. Acoustic ecology of dolphins of the genus Sotalia (Cetartiodactyla, Delphinidae) and of the newly described Araguaian boto Inia araguaiaensis (Cetartiodactyla, Iniidae). **Tese de Doutorado - UFPA**, 2018.

SAYIGH, Laela S. et al. Signature whistles of free-ranging bottlenose dolphins Tursiops truncatus: stability and mother-offspring comparisons. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 26, n. 4, p. 247-260, 1990.

SNELL-ROOD, Emilie C. An overview of the evolutionary causes and consequences of behavioural plasticity. **Animal Behaviour**, v. 85, n. 5, p. 1004-1011, 2013.

TORRES, Leigh G. et al. Drone up! Quantifying whale behavior from a new perspective improves observational capacity. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 319, 2018.

TYACK, P. L. **Communication and cognition in biology of marine mammals** (Reynolds, JE & Rommel, SA, eds). 1999.

TYACK, Peter L.; CLARK, Christopher W. Communication and acoustic behavior of dolphins and whales. In: **Hearing by whales and dolphins**. Springer, New York, NY, 2000. p. 156-224.

THORSON, John; WEBER, Theo; HUBER, Franz. Auditory behavior of the cricket. **Journal of comparative physiology**, v. 146, n. 3, p. 361-378, 1982.

TOLEDO, Luís F. et al. The anuran calling repertoire in the light of social context. **Acta ethologica**, v. 18, n. 2, p. 87-99, 2015.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. The lagoon region and estuary ecosystem of Cananéia, Brazil. In: **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001. p. 119-130.

WANG, Zhi-Tao et al. Soundscape of an Indo-Pacific humpback dolphin (Sousa chinensis) hotspot before windfarm construction in the Pearl River Estuary, China: Do dolphin engage in noise avoidance and passive eavesdropping behavior?. **Marine pollution bulletin**, v. 140, p. 509-522, 2019.

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1: Análise acústica quantitativa dos eventos de perseguição e perseguição com bolhas.

Perseguição	*Estalido*	*Assobio*	*Gargarejo*	*Grasnido*
pré	7	46	3	0
durante	4	36	0	2
pós	3	20	0	0
Perseguição com borbulhos	*Estalido*	*Assobio*	*Gargarejo*	*Grasnido*
pré	3	36	3	0
durante	5	22	0	0
pós	5	23	2	0
Total	27	183	8	2

Tabela 2: Parâmetros acústicos dos assobios realizados em cada etapa do comportamento de perseguição e perseguição com bolhas. Valores indicam média±desvio padrão.

Perseguição (n=7)

	Duração	**FMín**	**FMáx**	**FDelta**
Pré	0.228 ± 0.103	9.6 ± 2.9	16.3 ± 2.6	6.7 ± 3.3
Durante	0.235 ± 0.103	8.7 ± 2.3	15.8 ± 3.4	7 ± 3.7
Pós	0.254 ± 0.110	9.7 ± 2.4	15.2 ± 1.7	5.4 ± 1.7

Perseguição com Bolhas (n=7)

	Duração	**FMín**	**FMáx**	**FDelta**
Pré	0.320 ± 0.135	7.8 ± 2	14.4 ± 3.1	6.5 ± 3.4
Durante	0.326 ± 0.129	7.6 ± 1.9	15.6 ± 4.2	7.9 ± 4
Pós	0.312 ± 0.081	7.4 ± 2	14.4 ± 3.3	7 ± 3.5

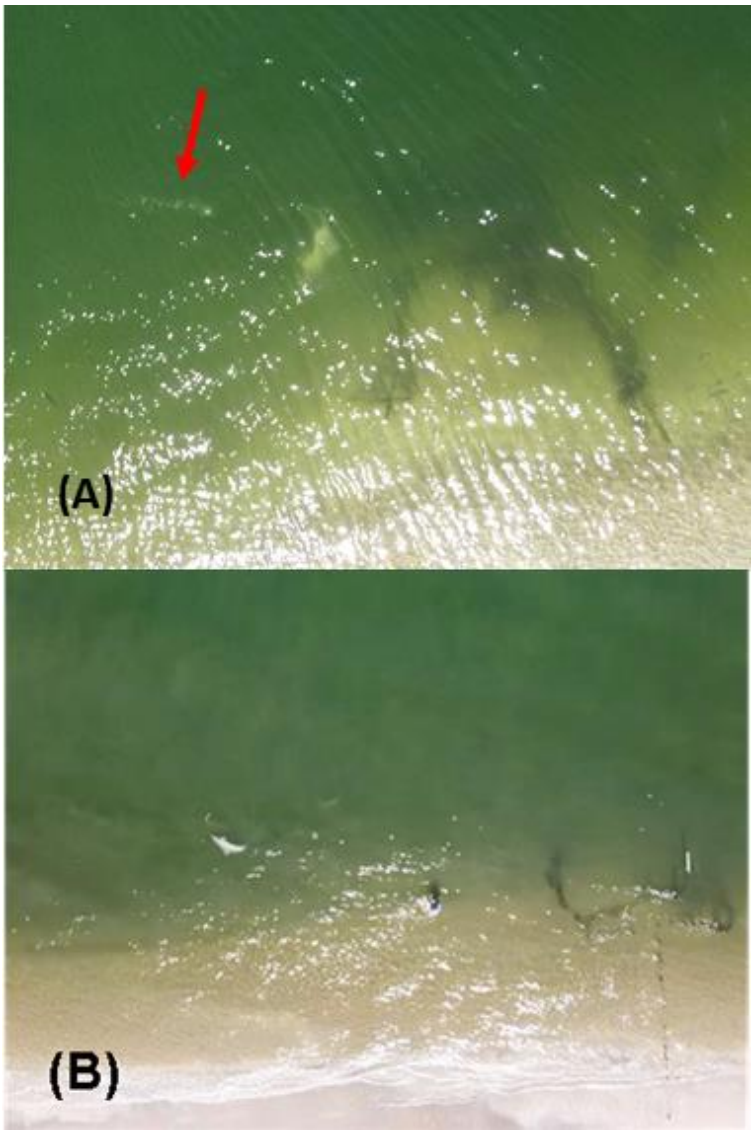

Figura 1: (A) Evento comportamental de perseguição com bolhas entre os cercos de pesca (seta indica a cortina de bolhas); **(B)** Evento comportamental de perseguição na praia, próximo ao observador.

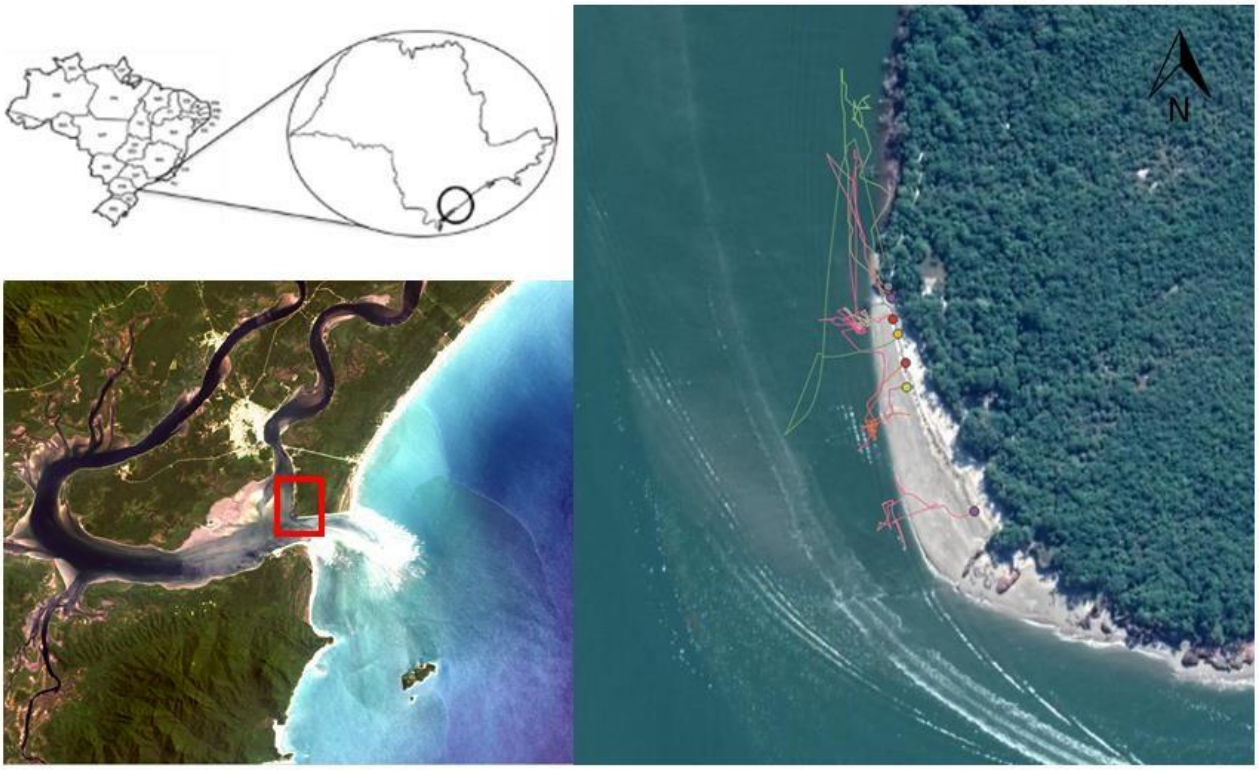

Figura 2: Área de estudo e trajetos dos sobrevoos realizados no extremo sul de Ilha Comprida, São Paulo, Brasil.

Figura 3: (A) Sistema de monitoramento acústico passivo instalado em um dos cercos de pesca na área de estudo; **(B)** detalhes do sistema de monitoramento acústico passivo com Gravador TASCAM DR-40 Linear PCM acoplado a um hidrofone Aquarian Audio H2a-XLR.

Figura 4: Coleta de dados acústicos de forma manual (Gravador M-Audio MicroTrack 24/96 e hidrofone Aquarian Audio H2).

Figura 5: Drones utilizados no estudo DJI Phantom 4 Pro e DJI Mavic Mini.

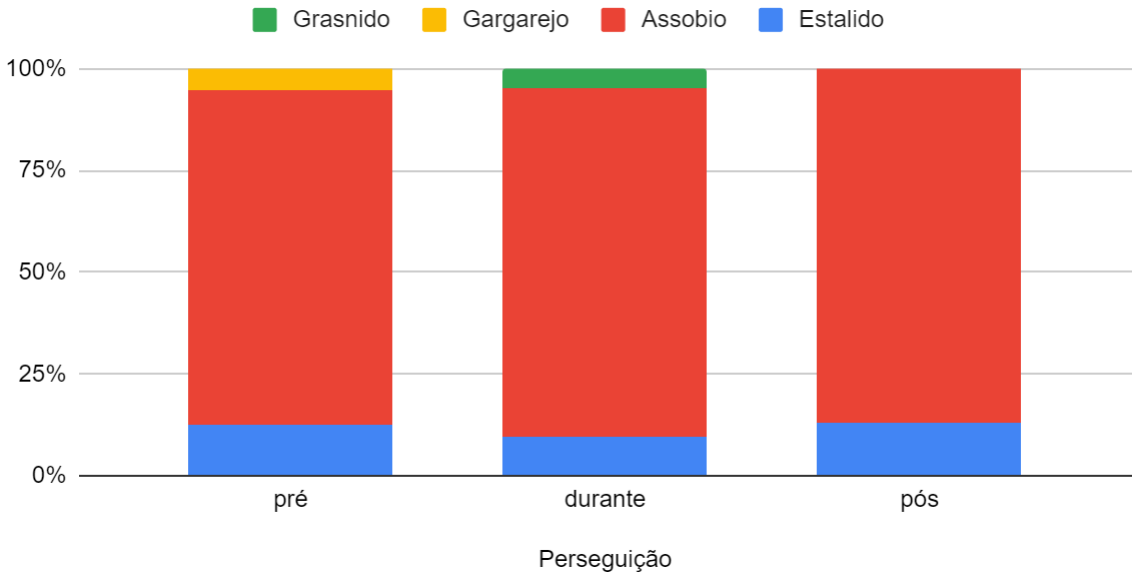

Figura 6: Relação entre a frequência de ocorrências das vocalizações e a etapa em que foram produzidas para os eventos de perseguição.

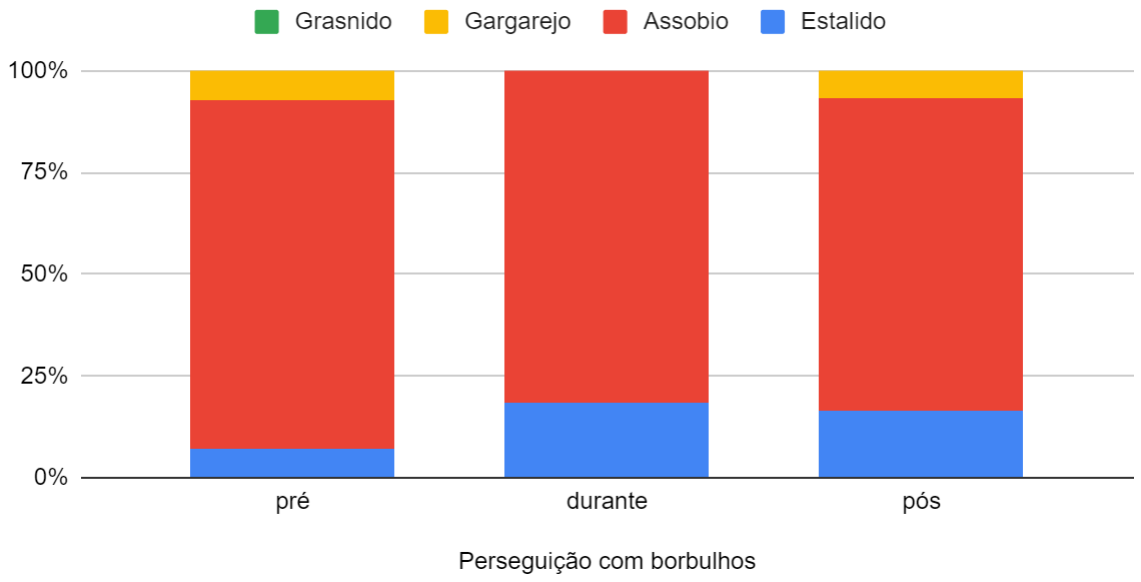

Figura 7: Relação entre a frequência de ocorrências das vocalizações e a etapa em que foram produzidas para os eventos de perseguição.

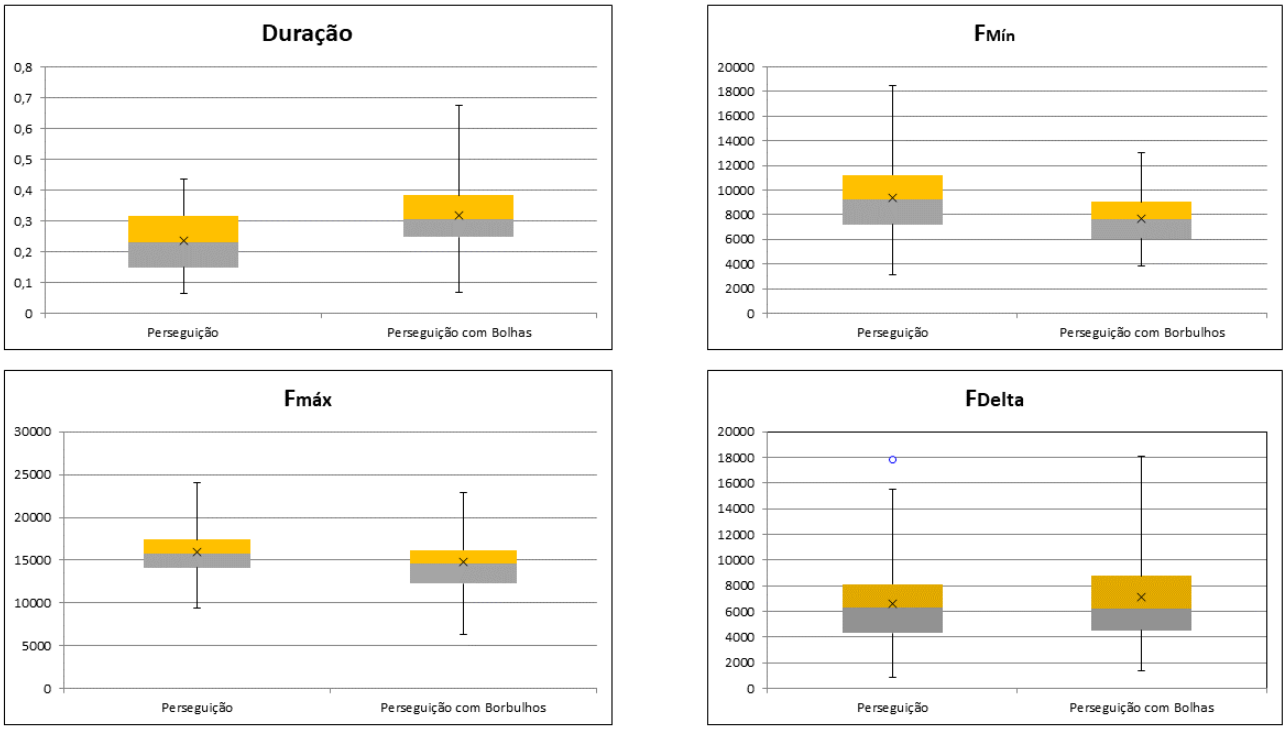

Figura 8: Gráfico em boxplots para comparação dos parametros acústicos dos assobios entre os comportamentos de perseguição e perseguição com borbulhos. (A) Duração, (B) Frequência Mínima, (C) Frequência Máxima e (D) Frequência Delta. Marca central indica a mediana, X indica a média, as bordas inferior e superior do boxplot indicam quartil inferior e superior, respectivamente. Limites se extendem até pontos de dados mais extremos. *Outliers* representados por círculo azul.

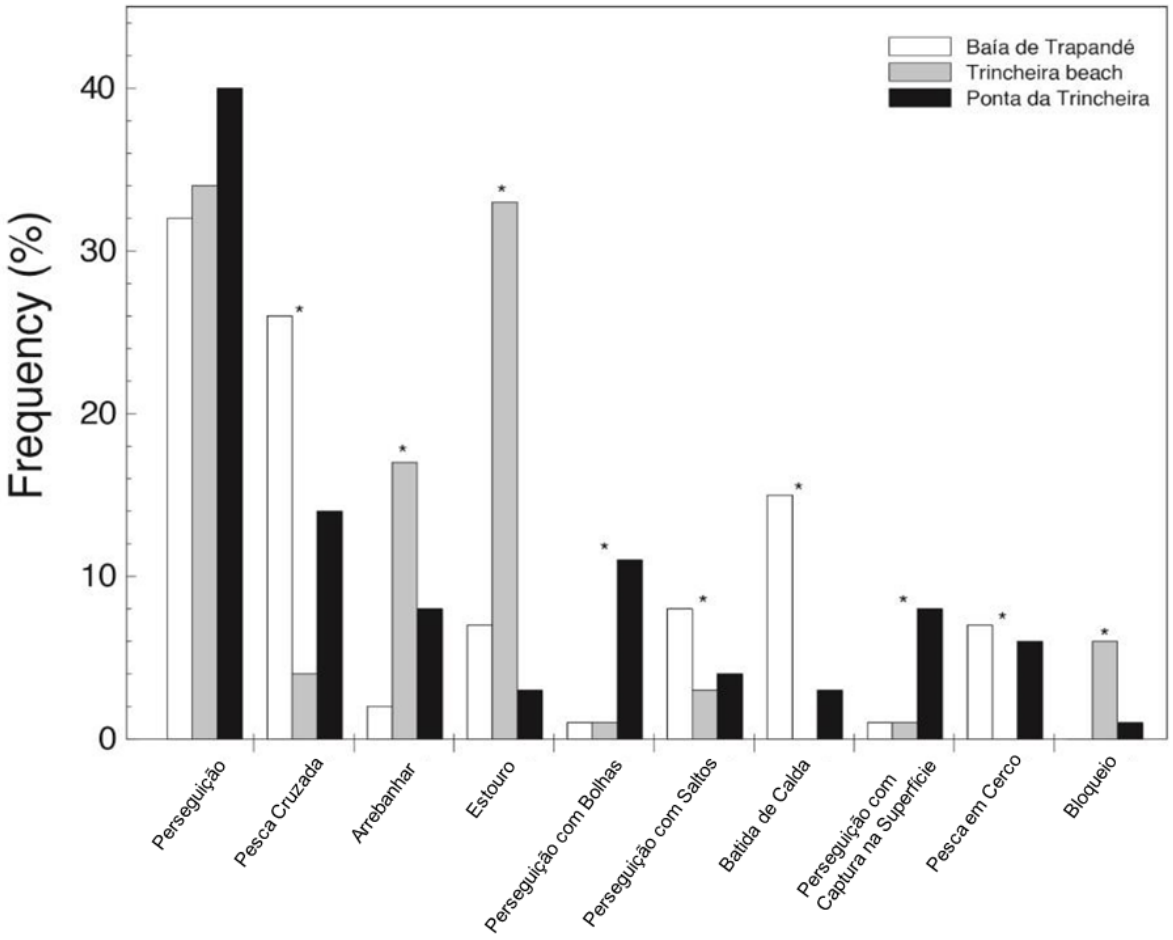

Figura 9: Frequências de comportamentos de caça de *Sotalia guianensis* realizados em três locais diferentes (Baía de Trapandé, Praia da Trincheira e Ponta da Trincheira) no sistema estuarino de Cananéia (Adaptado de Louzada, 2014).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências Câmpus
do Litoral Paulista

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTAÇÃO REMOTA

Discente: LUCAS PEREIRA SANTOS

Título: "*Monitoramento síncrono acústico e visual do comportamento de caça de Sotalia guianensis (Cetartiodactyla, Delphinidae) em declive de praia em Ilha Comprida, SP.*"

Orientador: Prof.Dr. Mario Manoel Rollo Junior

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas *ƒ* Gerenciamento Costeiro

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Prof.Dr. Mario Manoel Rollo Junior	APROVADO
Profa. Dra. Mariana Freitas Nery	APROVADO

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que o discente **Lucas Pereira Santos** obteve o seguinte conceito:

[X] APROVADO [ ] REPROVADO

São Vicente, 24 de fevereiro de 2021.

Prof.Dr. Mario Manoel Rollo Junior
(Orientador)

Profa. Dra. Mariana Freitas Nery