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

Letícia Forato

OCORRÊNCIA E USO DE HABITAT DE TONINHAS (*PONTOPORIA BLAINVILLEI*) EM ÁREAS DE PESCA DE EMALHE NO LITORAL CENTRAL DE SÃO PAULO, POR MEIO DO MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO.

São Vicente – SP

2026

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

Letícia Forato

OCORRÊNCIA E USO DE HABITAT DE TONINHAS (*PONTOPORIA BLAINVILLEI*) EM ÁREAS DE PESCA DE EMALHE NO LITORAL CENTRAL DE SÃO PAULO, POR MEIO DO MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, para obtenção do título de Mestra em Ciências.

Área de Concentração: Biodiversidade

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Pacheco Bertozzi

Coorientador: Dr. Renan Lopes Paitach

São Vicente – SP

2026

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

F692o

Forato, Letícia

OCORRÊNCIA E USO DE HABITAT DE TONINHAS (PONTOPORIA BLAINVILLEI) EM ÁREAS DE PESCA DE EMALHE NO LITORAL CENTRAL DE SÃO PAULO, POR MEIO DO MONITORAMENTO ACÚSTICO PASSIVO. / Letícia Forato. -- São Vicente, 2026

83 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientadora: Carolina Pacheco Bertozzi

Coorientadora: Renan Lopes Paitach

1. pontoporia blainvillei. 2. monitoramento acústico passivo. 3. redes de emalhe. 4. uso do habitat. 5. captura acidental. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus do Litoral Paulista

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LETÍCIA FORATO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE AMBIENTES COSTEIROS, DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA.

Aos 03 de setembro de 2026, às 14h, no(a) Salão Nobre do IB/CLP (Google Meet), realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LETÍCIA FORATO, intitulada "Uso de habitat e densidade relativa de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) em áreas de pesca de emalhe no litoral central de São Paulo por meio do monitoramento acústico passivo". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. CAROLINA PACHECO BERTOZZI (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais / UNESP / Câmpus do Litoral Paulista - IBCLP, Profa. Dra. MARTA JUSSARA CREMER (Participação Virtual) do(a) Laboratório de Ecologia e Conservação de Tetrápodes Marinhos e Costeiros / Universidade da Região de Joinville, Dra. LARA GAMA VIDAL (Participação Virtual) do(a) UFPR / Universidade Federal do Paraná, Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Carolina P. Bertozzi

Profa. Dra. CAROLINA PACHECO BERTOZZI

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a toda a energia do Mar, da Lua e da Natureza que me inspira a continuar e não desistir.

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

Á minha família, principalmente minha mãe que sempre me apoiou e nunca me deixou desistir dos meus sonhos, minha tia Néia que é a amiga que sempre acreditou em mim, meu irmão, minha cunhada, meu sobrinho Bento que está a caminho, meu pai, o Miguel, o Ryan, minha tia Fátima, a Aline, o Juliano, meu tios Cleverson, minha tia Karla e meus primos Laura, Arthur e Alice, todos foram e são essenciais na minha vida e formação.

As minhas melhores amigas Ana Luiza (Miliante) e Marina, que são acolhimento, irmãs e parcerias em todos os momentos, e são irmãs que a vida me deu, obrigada por me apoiarem e puxarem minha orelha sempre.

Aos meus Biricus e agregados que são minha família, refúgio e alegria em todos os momentos da vida. Patum, Mili, Sideh, Brekada, Malu, Carlão, Diarreia, Rã-de-Bol, Konga, Dislokada, Duyda, Poka, Gui, Bugada, Jão, Xepa, Cárie, e em especial o Btum e o Biju, que estiveram ao meu lado na UNESP durante esse processo, vocês são essenciais, amo muito vocês.

A todos os meus amigos que fizeram parte dessa jornada, que me escutaram reclamar, desabafar, chorar, contar piadas, falar asneiras e todas as coisas boas que eu vivo com vocês. Vocês são minha família!!

A minha orientadora Carol, pela parceria de tantos anos. Admiro demais a pessoa e profissional que é, e foi sempre uma honra poder contribuir nessa jornada com você, sou grata por não ter desistido de mim e me incentivado a realizar esse projeto, me apoiado e me orientado sempre que necessário.

Também agradeço meu coorientador Renan, por ter topado essa jornada, sempre me ajudar quando preciso, até me colocar no eixo quando necessário, e pela amizade que vou levar! Renan é inspiração, te admiro demais e agradeço demais por acreditar em mim.

Agradeço ao LABCOP, por ser parceria e casa, pelas nossas risadas, pela ajuda de sempre, e por tudo o que a gente vem construindo, Amazonas, Bruno, Biju, Tamires e Roberta, vocês são essenciais.

Agradeço ao Projeto Toninhas do Brasil, por ter me dado a oportunidade de trabalhar com esses dados, de ter me incluído na equipe mais maravilhosa que eu tive a honra de estar, eu admiro muuuuito cada um, e espero estar sempre com vocês!

Agradeço aos pescadores Juliano, Raimundo, Doidinho, Beto e Adriano por toparem me ajudar com a colocação dos equipamentos nas redes.

Ao Instituto Biopesca e todos que trabalham e passaram por lá, foi essencial cada aprendizado, cada oportunidade de crescimento pessoal e profissional que tive. Levo todos para sempre no meu coração e torço pelo sucesso de cada um.

Aos meus gatos/filhos, meu eterno companheiro Yoda, Mydinhas, e o meu bebezinho Karetta, que são meu conforto.

E a todos que de alguma forma fizeram parte durante esses dois anos. Nada disso seria possível sem cada um de vocês, obrigada!

Sou muito grata pela minha vida e por chegar até aqui, de saber que posso contribuir, um pouco que seja, para a melhoria do mundo, e para a conservação da nossa tão amada toninha.

"Amar um animal me estragou"

(Maria Henriques)



Yoda

"Amar um animal, nos estraga para sempre
Ninguém sai ileso aos olhos,
Para sempre de pêssego e o cheiro de flor,
Amar um animal, é um portal.

Fui ensinada de criança,
Que bicho não entende a língua dos homens,
Acho que nós não entendemos a linguagem do amor.
Como não entende se todas as minhas dores foram acolhidas primeiro por eles?

A 1ª vez que amei um animal,
Sua ida precoce foi o maior segredo
Do meu coração...
Ninguém ama um animal e continua inteiro...

O pedaço que sempre falta, é preenchido,
Mesmo que não falte, há de faltar a presença de um bicho...

O 1º que amamos,
Nunca morre sozinho,
Leva embora a pessoa que éramos antes dele..."

E você é meu pedaço que falta, Yoda...

Dedico esse trabalho ao meu companheiro de vida por 10 anos, Yoda, e a todos os animais que passaram por minha vida, e que fazem parte dessa falta.

Resumo

A toninha (*Pontoporia blainvillei*) é um pequeno cetáceo costeiro cuja principal ameaça é a captura acidental em redes de emalhe. Compreender sua ocorrência e o uso de áreas de pesca artesanal, além de avaliar seu comportamento acústico nas proximidades das redes, é fundamental para orientar estratégias de conservação. Este estudo teve como objetivo investigar os padrões de ocorrência, uso de habitat e intensidade relativa acústica no litoral central do estado de São Paulo, bem como investigar possíveis alterações nos parâmetros acústicos associadas à presença de redes de emalhe. O monitoramento acústico passivo foi realizado com detectores C-POD e F-POD (Chelonia Limited, Reino Unido), instalados em redes de pesca artesanal e em pontos fixos nas regiões de Praia Grande e Mongaguá. Ao todo, foram obtidas 1.114 horas de monitoramento, das quais 323 horas apresentaram detecções de toninhas, correspondendo a 28,99% do esforço amostral. A influência das variáveis ambientais e pesqueiras sobre a presença acústica foi avaliada por meio de modelos lineares generalizados mistos (GLMMs), enquanto a distribuição espacial da intensidade relativa acústica dos registros foi representada por mapas de calor. Para a comparação dos parâmetros acústicos, foram selecionadas aleatoriamente 50 cadeias de cliques registradas na presença da rede e 50 em sua ausência A ocorrência acústica variou ao longo do dia, com menor probabilidade de detecção no início da manhã e aumento durante a tarde e o início da noite. A intensidade média de cliques foi maior durante a noite e a madrugada. A taxa de detecção também foi superior no período quente em comparação ao período frio, embora a estação do ano não tenha sido selecionada no modelo final. Os mapas mostraram um núcleo recorrente de atividade acústica no setor norte de Praia Grande, próximo ao Parque Estadual Xixová-Japuí e principalmente em águas costeiras rasas. A ocorrência das toninhas apresentou associação inversa com o aumento da temperatura da água e da CPUE do peixe-porquinho (*Balistes capriscus*), e associação positiva com a transparência da água e com as CPUEs de pescada-amarela (*Macrodon atricauda*) e guaivira (*Oligoplites saurus*). Para a CPUE de pescada (*Cynoscion* spp.), o efeito estimado também foi positivo, porém com menor suporte estatístico. Os parâmetros espectrais e temporais das cadeias apresentaram ampla sobreposição na presença e ausência da rede. Após a correção de Holm, apenas o nível máximo de pressão sonora recebido diferiu entre as condições, com valores mais elevados na ausência da rede. Portanto, não foram detectadas diferenças consistentes nos parâmetros acústicos que indicasse uma resposta específica à presença da rede, embora os resultados não permitam confirmar nem excluir sua detecção ou reconhecimento pelas toninhas. Dessa forma, os resultados ampliam o conhecimento sobre a ocorrência acústica da toninha no litoral central de São Paulo e apontam áreas e períodos de maior sobreposição com a pesca artesanal, que devem ser priorizados em investigações futuras. Reforçam, ainda, a importância do monitoramento contínuo da espécie e do desenvolvimento, em conjunto com os pescadores, de medidas locais de mitigação da captura acidental.

Palavras-chave: *Pontoporia blainvillei*; monitoramento acústico passivo; redes de emalhe; uso do habitat; captura acidental.

Abstract

The franciscana (*Pontoporia blainvillei*) is a small coastal cetacean whose main threat is bycatch in gillnets. Understanding its occurrence and use of artisanal fishing areas, as well as assessing its acoustic behavior near nets, is essential to guide conservation strategies. This study aimed to investigate patterns of occurrence, habitat use, and relative acoustic intensity on the central coast of São Paulo State, Brazil, and to examine possible changes in acoustic parameters associated with the presence of gillnets. Passive acoustic monitoring was conducted using C-POD and F-POD detectors (Chelonia Limited, UK) deployed on artisanal fishing nets and at fixed points in the Praia Grande and Mongaguá regions. In total, 1,114 hours of monitoring were obtained, of which 323 hours contained franciscana detections, corresponding to 28.99% of the sampling effort. The influence of environmental and fishing variables on acoustic presence was assessed using generalized linear mixed models (GLMMs), while the spatial distribution of relative acoustic intensity was represented by heat maps. To compare acoustic parameters, 50 click trains recorded with the net present and 50 recorded in its absence were randomly selected. Acoustic occurrence varied throughout the day, with a lower probability of detection in the early morning and an increase during the afternoon and early evening. Mean click intensity was higher at night and in the early morning hours. The detection rate was also higher in the warm period than in the cold period, although season was not selected in the final model. The maps showed a recurrent core of acoustic activity in the northern sector of Praia Grande, near the Xixová-Japuí State Park and mainly in shallow coastal waters. Franciscana occurrence was inversely associated with increasing water temperature and with the CPUE of gray triggerfish (*Balistes capriscus*), and positively associated with water transparency and with the CPUEs of southern king weakfish (*Macrodon atricauda*) and leatherjacket (*Oligoplites saurus*). For the CPUE of weakfish (*Cynoscion* spp.), the estimated effect was also positive, but with weaker statistical support. The spectral and temporal parameters of the click trains showed broad overlap between net presence and absence. After Holm correction, only the maximum received sound pressure level differed between conditions, with higher values in the absence of the net. Therefore, no consistent differences in acoustic parameters were detected that would indicate a specific response to the presence of the net, although the results can neither confirm nor exclude its detection or recognition by franciscanas. Thus, the results expand knowledge of the acoustic occurrence of the franciscana on the central coast of São Paulo and point to areas and periods of greater overlap with artisanal fishing, which should be prioritized in future investigations. They also reinforce the importance of continuous monitoring of the species and of developing, together with fishers, local measures to mitigate bycatch.

Keywords: *Pontoporia blainvillei*; passive acoustic monitoring; gillnets; habitat use; incidental capture.

Lista de Figuras

Figura 1. Toninha (*Pontoporia blainvillei).* Fonte: Renan Lopes Paitach 15
Figura 2. Distribuição da toninha ao longo do Atlântico Sul Ocidental, divididas em Áreas de manejo das toninhas (*Franciscana Management Areas - FMAs*). Fonte: Cunha et al. (2014).....16
Figura 3. Toninhas capturadas em redes de emalhe de pesca artesanal na cidade de Praia Grande/SP. Fonte: Projeto Toninhas do Brasil.....18
Figura 4. Estrutura de ecolocalização dos odontocetos representada pela Toninha. Fonte: Projeto Toninhas do Brasil 22
Figura 5: Localização da Região Metropolitana da Baixada Santista, no litoral do estado de São Paulo, com destaque para os municípios que compõem a região. Fonte: Geokratos (2024). Disponível em: página "Baixada Santista". Acesso em 31/07/2026 27
Figura 6. Localização dos lances de pesca monitorados com detectores acústicos C-POD e F-POD, do ponto fixo de monitoramento e dos limites do Parque Estadual Xixová-Japuí, no litoral central do estado de São Paulo, Brasil 29
Figura 7. C-POD – Chelonia Limited, UK (Paitach et al., 2021) 31
Figura 8. A) Esquema ilustrativo de um detector acústico passivo (C-POD ou F-POD) acoplado à âncora em uma das extremidades da rede de emalhe de fundo, utilizada na pesca artesanal da região central do litoral de São Paulo. Fonte: Adaptado de Arrial, L. G. R. et al., 2024. **B)** C-POD em ponto fixo. 32
Figura 9. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais e os valores de captura por unidade de esforço (CPUE) das espécies de peixes analisadas.....37
Figura 10. Efeitos parciais estimados pelo modelo linear generalizado misto (GLMM) sobre a probabilidade de detecção acústica de toninhas nas proximidades de redes de emalhe no litoral central de São Paulo. As linhas azuis representam as probabilidades estimadas e as áreas sombreadas, os intervalos de confiança de 95%. As marcas na parte inferior dos gráficos representam a distribuição dos valores observados do preditor no eixo x. O modelo inclui Data como efeito aleatório. CPUE: captura por unidade de esforço (ind. m^{-2} h^{-1}); Pb_PA: probabilidade estimada de detecção acústica de toninhas. 45
Figura 11. Diagnóstico de resíduos simulados pelo pacote DHARMa a partir das variáveis ambientais incluídas no modelo GLMM.....46

Figura 12. Mapas de calor da intensidade relativa da atividade acústica de toninhas próximas a redes de emalhe na região de Praia Grande e Mongaguá, no litoral centro de São Paulo. A) período da manhã; B) período da tarde; C) período da noite; D) período da madrugada. 48

Figura 13. Mapa de calor intensidade relativa da atividade acústica de toninhas próximas a redes de emalhe na região de Praia Grande e Mongaguá, no litoral centro de São Paulo. A) Clima quente; B) Clima Frio 49

Figura 14. Distribuição dos parâmetros acústicos das cadeias de cliques registradas junto ao ponto fixo e à rede. As linhas centrais representam as medianas, as caixas representam o intervalo entre o primeiro e o terceiro quartis e os pontos externos aos bigodes representam observações sinalizadas pelo critério de 1,5 vez o intervalo interquartil. Todas as observações foram mantidas nas análises.....51

Lista de Tabelas

Tabela 1. Caracterização das redes de emalhe utilizadas nas operações de pesca durante a coleta de dados acústicos, com indicação do tipo de rede, número de lances (n), tamanho de malha (cm), comprimento (m) e altura (m). 31

Tabela 2. Variáveis ambientais consideradas na modelagem da ocorrência acústica de toninhas nas proximidades das redes de emalhe no litoral central do estado de São Paulo. 36

Tabela 3. Esforço amostral e ocorrência acústica de toninhas, considerando o total de horas monitoradas, o número de horas com detecção e a porcentagem de horas com detecção por período do dia. 42

Tabela 4. Esforço amostral, horas com detecção acústica e taxa de detecção por período sazonal. 42

Tabela 5. Modelos lineares generalizados mistos (GLMMs) utilizados para avaliar a influência de variáveis ambientais e relacionadas à atividade pesqueira sobre a ocorrência acústica de toninhas nas proximidades de redes de emalhe. 43

Tabela 6. Sumário do modelo linear generalizado misto (GLMM) selecionado com base no menor valor do critério de informação de Akaike (AIC) para explicar a ocorrência de toninhas nas proximidades de redes de emalhe 44

Tabela 7: Medianas, intervalos interquartis e resultados do teste de Wilcoxon para os parâmetros acústicos das cadeias de cliques registradas junto ao ponto fixo e à rede de emalhe. IQR: intervalo interquartil; W: estatística do teste de soma de postos de Wilcoxon; p: valor de probabilidade; r: tamanho de efeito do teste de Wilcoxon. Os valores de p foram ajustados pelo método de Holm para 11 comparações. Valores em negrito indicam p ajustado < 0,05 52

Sumário

1. Introdução 14
1.1 Toninha (*Pontoporia blainvillei*) 14
1.2 Toninha e a captura acidental 17
1.3 Uso de habitat e comportamento acústico da toninha 20
2. Objetivos 26
2.1 Objetivos Específicos 26
3. Metodologia 26
3.1 Área de estudo 26
3.2 Coleta de dados 28
3.3 Análise de dados 30
3.3.1 Caracterização geral da ocorrência acústica da toninha nas áreas de pesca 33
3.3.2 Uso de habitat, influência das variáveis ambientais e distribuição espacial da atividade acústica. 35
3.3.3 Atividade acústica na presença e na ausência das redes de emalhe 40
3.3.4 Declaração de uso de inteligência artificial 41
4. Resultados 41
4.1 Associação das variáveis ambientais no uso de habitat e ocorrência de toninhas em áreas de pesca. 42
4.2 Distribuição espacial da intensidade relativa da atividade acústica de toninhas nas áreas monitoradas 46
4.3 Caracterização dos parâmetros acústicos 50
5. Discussão 53
5.1 Uso de habitat da toninha em áreas de pesca de emalhe 54
5.2 Parâmetros acústicos e comportamento de toninhas próximo às redes 61
6. Considerações finais 65
7. Referências bibliográficas 67

1. Introdução

1.1 Toninha (*Pontoporia blainvillei*)

A toninha, *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny, 1844) é uma pequena espécie de golfinho endêmica do Oceano Atlântico Sul Ocidental, ocorrendo desde Itaúnas no Espírito Santo (Siciliano, 1994), até o Golfo San Matias na Argentina (Crespo et al., 1998). Habita águas costeiras, preferencialmente até 30 metros, com avistagens até 50 metros (Secchi, 2000; Secchi, 2010) e ocorrências em alguns estuários, como no Rio de La Plata entre o Uruguai e a Argentina (Praderi, 1986; Secchi et al., 2021), na Baía Babitonga em Santa Catarina (Cremer & Simões-Lopes, 2005) e no complexo estuarino de Paranaguá, no Paraná (Santos et al., 2009). Podem ser encontradas solitárias ou em pequenos grupos familiares, compostos por pares de mãe e filhote e/ou juvenis e adultos (Valsecchi e Zanelatto 2003; Wells et al., 2013).

Possui o rostro alongado e estreito, composto por aproximadamente 240 dentes pequenos e afiados, características associadas a predação de animais pequenos, como peixes, cefalópodes e crustáceos encontrados em ambientes costeiros de águas rasas (Di Beneditto & Ramos, 2001; Rodríguez et al., 2002; Danilewicz et al., 2002; Secchi, 2010). Sua estratégia alimentar demonstra ser oportunista, com hábitos predominantemente piscívoros e teutófagos, explorando presas demersais, pelágico-demersais e pelágicas ao longo de sua distribuição (Rodríguez et al., 2002; Bittar & Di Beneditto, 2009; Campos et al., 2020; Grellet, 2023). No sudeste do Brasil, destacam-se peixes das famílias Clupeidae e Sciaenidae, incluindo *Pellona harroweri*, *Cynoscion guatucupa*, *Larimus breviceps*, *Micropogonias furnieri* e espécies de *Menticirrhus*, além do peixe-espada, *Trichiurus lepturus*, e da lula *Doryteuthis pleii* (Di Beneditto & Ramos, 2001; Secchi, 2010; Grellet, 2023) alimentando-se das presas mais abundantes de cada área, visto que a disponibilidade e a diversidade variam geograficamente (Rodríguez et al., 2002; Henning et al., 2018; Bassoi et al., 2020).

A toninha apresenta dimorfismo sexual reverso, com fêmeas maiores que os machos tanto em comprimento quanto em peso (Pinedo, 1995; Higa et al., 2002; Ramos et al., 2002; Botta et al., 2006; Secchi, et al., 2021). Na porção sul de sua distribuição, as fêmeas podem alcançar aproximadamente 1,8 m de comprimento, enquanto os machos

atingem cerca de 1,6 m (Pinedo, 1995; Botta et al., 2006). Já no litoral central de São Paulo, Bertozzi (2009) registrou comprimentos máximos de 1,17 m para machos e 1,35 m para fêmeas. Para a população do norte da distribuição, foram estimados comprimentos de aproximadamente 1,4 m para fêmeas e 1,2 m para machos (Ramos et al., 2002). O período de gestação é de cerca de 11 meses, com intervalo de nascimento de cerca de dois anos onde os filhotes nascem com aproximadamente 70 a 80 cm, e cerca de 5 a 6kg (Figura 1) (Kasuya & Brownell, 1979; Rosas & Monteiro-Filho, 2002; Danilewicz, 2003, Secchi et al., 2021). Quanto à longevidade observada, poucos indivíduos avaliados ultrapassaram 12 anos, e as idades máximas registradas foram de 21 anos para fêmeas e 17 anos para machos (Botta et al., 2010; Secchi et al., 2021).



Figura 1. Toninha (*Pontoporia blainvillei)*. Fonte: Renan Lopes Paitach.

Estudos genéticos demonstram que a toninha apresenta estruturação populacional ao longo de sua distribuição (Cunha et al., 2014; Nara et al., 2022). Para orientar as ações de conservação, Secchi et al. (2003) propuseram quatro Áreas de Manejo da Toninha (*Franciscana Management Areas* — FMAs), com base em dados biológicos, demográficos, morfológicos e genéticos (Secchi et al., 2003; Cunha et al., 2014). Posteriormente, novas análises genéticas revelaram uma estruturação mais detalhada, levando à uma nova subdivisão em nove populações ao longo da distribuição da espécie (Figura 2) (Cunha et al., 2014; Cunha et al., 2020; Nara et al., 2022).

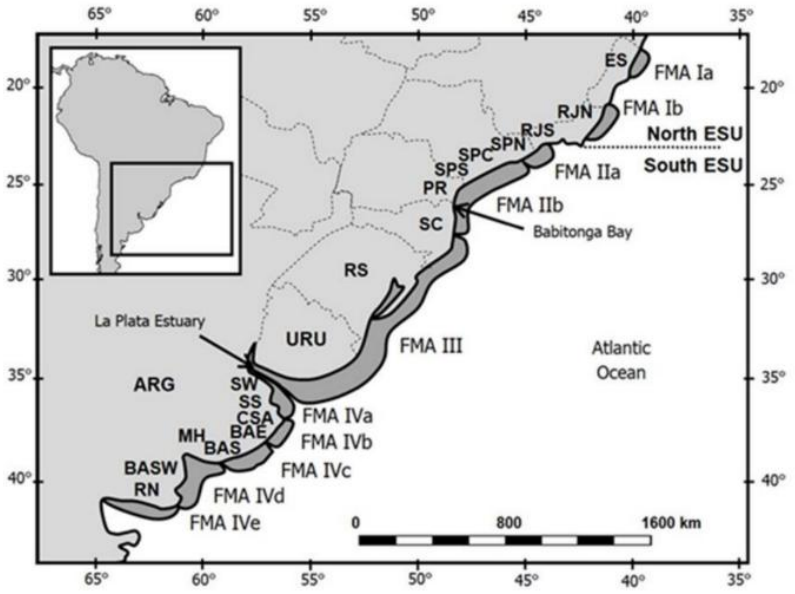


Figura 2. Distribuição da toninha ao longo do Atlântico Sul Ocidental, divididas em Áreas de manejo das toninhas (Franciscana Management Areas - FMAs). Fonte: Cunha et al. (2014).

As toninhas do litoral central de São Paulo, estão inseridas na FMA IIb, que se estende do centro-norte de São Paulo até o centro-sul de Santa Catarina (Cunha et al, 2014; Nara et al., 2022). Na porção norte de sua distribuição, são raras ou ausentes em dois trechos: no sul do Espírito Santo e entre Macaé, no Rio de Janeiro, e Ubatuba, em São Paulo (Siciliano et al., 2002; do Amaral et al., 2018). Essas descontinuidades separam as FMAs Ia, localizada no Espírito Santo, e Ib, no norte do Rio de Janeiro, das demais áreas de manejo (Cunha et al., 2014). A diferenciação genética, morfológica e ecológica das toninhas dessas duas áreas levou ao reconhecimento da subespécie *Pontoporia blainvillei pukusi* (Nara et al., 2022; 2024).

Considerada um dos pequenos cetáceos mais ameaçados do Atlântico Sul Ocidental, a toninha apresenta hábitos costeiros e baixo potencial de crescimento populacional, características que aumentam sua vulnerabilidade aos impactos antrópicos (Secchi et al., 2021; Secchi et al., 2022). Entre as principais ameaças estão a perda e a degradação dos ambientes costeiros e, principalmente, a captura acidental em redes de pesca, considerada atualmente a maior ameaça à sobrevivência da espécie ao longo de sua distribuição (Secchi et al., 2021; Secchi et al., 2022).

1.2 Toninha e a captura acidental

A captura acidental, ou *bycatch*, é um termo utilizado para definir as espécies capturadas que não são alvos da pescaria, como aves, tartarugas e mamíferos marinhos (FAO, 2011). Essa interação representa uma importante ameaça à biodiversidade marinha, pois pode remover indivíduos em taxas superiores à capacidade de reposição das populações, especialmente no caso de espécies longevas e com baixa fecundidade (Hall et al., 2000). Para os mamíferos marinhos, a captura acidental constitui uma das principais causas de mortalidade associada às atividades humanas e pode provocar o declínio de populações, sobretudo entre pequenos cetáceos que se sobrepõem espacialmente às pescarias com redes de emalhe (Read et al., 2006; Wade et al., 2021).

No litoral central e centro-sul do estado de São Paulo, a pesca artesanal apresenta caráter costeiro e multiespecífico, sendo realizada principalmente por embarcações de pequeno porte que atuam em águas rasas (Alves et al., 2009; Namora et al., 2009). As redes de emalhe constituem um dos principais petrechos utilizados na região e apresentam grande diversidade de dimensões, tamanhos de malha e formas de operação, incluindo redes posicionadas junto ao fundo ou na superfície, e redes de tresmalho, também denominadas feiticeiras, empregadas de acordo com as espécies-alvo e as condições ambientais e operacionais (Bertozzi & Zerbini, 2002; Alves et al., 2009; Namora et al., 2009). Essa configuração distribui o esforço pesqueiro por ambientes costeiros também utilizados pela toninha para deslocamento e alimentação, estabelecendo um cenário de potencial sobreposição espacial entre a espécie e as redes (Bertozzi & Zerbini, 2002; Bertozzi, 2009). Em Praia Grande, por exemplo, Bertozzi e Zerbini (2002) registraram capturas acidentais de toninhas em redes operadas em profundidades de até 20 m, ao longo de aproximadamente 31 km da costa, demonstrando diretamente a ocorrência dessa interação no litoral central paulista.

As redes de emalhe de espera estão entre os petrechos mais associados à captura acidental de cetáceos e constituem o principal tipo de arte de pesca relacionado à mortalidade da toninha ao longo de sua distribuição (Figura 3) (Read et al., 2006; Secchi et al., 2021, 2022). Por serem artes de pesca passivas, essas redes permanecem instaladas na água sem acompanhamento contínuo durante parte da operação, ampliando o período em que podem ocorrer interações com a fauna marinha (He, 2021; Bertozzi & Zerbini,

2002). As redes fixas podem ser recolhidas duas vezes ao dia e permanecerem submersas, em média, por aproximadamente 22 horas diárias, enquanto as redes operadas à deriva permanecem entre uma e oito horas na água (Bertozzi & Zerbini, 2002). No Brasil, a captura acidental em redes de emalhe é reconhecida como a principal fonte de mortalidade de origem humana e a maior ameaça imediata à conservação da toninha, com estimativas que, em algumas Áreas de Manejo, ultrapassam os níveis considerados biologicamente sustentáveis (Bertozzi & Zerbini, 2002; Secchi et al., 2021, 2022; Arrial et al., 2024).



Figura 3. Toninhas capturadas em redes de emalhe de pesca artesanal na cidade de Praia Grande/SP. Fonte: Projeto Toninhas do Brasil.

Estimativas de dezenas a centenas de indivíduos mortos anualmente em redes de emalhe ao longo de sua distribuição, representam uma proporção relevante da abundância local, contribuindo para o declínio populacional (Negri et al., 2012; Secchi et al., 2021; 2022). Segundo o banco de dados online Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA), do Projeto de Monitoramento de Praias na Bacia de Santos – PMP-BS, de janeiro de 2020 a março de 2026, ocorreram 1289 encalhes de toninhas mortas nas praias do litoral central de São Paulo (SIMBA, 2026).

Está listada como vulnerável pela União Internacional para a Conservação da Natureza, IUCN (Zerbini et al., 2017) e Criticamente em Perigo pela Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (MMA, 2026), reforçando a necessidade de medidas efetivas de conservação, para evitar que a espécie siga a trajetória de declínio observada em outros pequenos cetáceos severamente afetados pela pesca, como o baiji (*Lipotes vexillifer*), considerado provavelmente extinto após levantamentos realizados no rio Yangtzé, na China, e a vaquita (*Phocoena sinus*), atualmente reduzida a

uma população extremamente pequena e ainda ameaçada pela captura acidental em redes de emalhe, principalmente aquelas associadas à pesca ilegal da totoaba no Alto Golfo da Califórnia, México (Turvey et al., 2007; Jaramillo-Legorreta et al. 2019; Arreguín-Sánchez et al., 2025).

Além da elevada mortalidade, estudos têm demonstrado que a captura acidental pode produzir impactos demográficos ainda mais expressivos sobre as populações da espécie (Mendez et al., 2010; Secchi et al., 2021). Análises genéticas de toninhas capturadas em redes de emalhe identificaram associações entre mães e filhotes mortos na mesma rede, bem como possíveis pares reprodutivos, sugerindo que a captura acidental pode afetar indivíduos social ou reprodutivamente relacionados, com potenciais consequências para a estrutura e a dinâmica populacional da espécie em longo prazo (Valsecchi & Zanelatto, 2003; Mendez et al., 2010).

Não se conhece o verdadeiro motivo pelo qual as toninhas se emalham, mas diferentes hipóteses têm sido consideradas. A presença de presas nas áreas de pesca pode favorecer a aproximação e aumentar o tempo de permanência dos animais nas proximidades das redes. Maeda et al. (2021), registraram toninhas-do-porto (*Phocoena phocoena*) forrageando ao redor de uma rede de fundo e relacionaram essa ocorrência à presença de peixes na área. Nessas situações, a atenção do animal pode estar direcionada à perseguição das presas ou à interação com outros indivíduos (Kastelein et al., 2000).

A detecção da rede também pode ser influenciada pelo comportamento acústico do animal e pelas condições do ambiente. Estudos com *Phocoena phocoena* mostraram que, durante o forrageamento, as toninhas direcionam e ajustam o feixe de ecolocalização em relação à presa, concentrando a exploração acústica na região do alvo (DeRuiter et al., 2009; Wisniewska et al., 2012). Para a toninha, foi identificado a utilização da escuta passiva para localizar presas soníferas, o que poderia reduzir a exploração ativa do ambiente pela ecolocalização (Tellechea et al., 2017). Nos indivíduos jovens, mudanças pós-natais nas estruturas relacionadas ao biossonar e nas características dos sinais emitidos também podem contribuir para uma menor capacidade de perceber as redes (Frainer et al., 2015; Melcón et al., 2016).

Além do comportamento dos animais, a intensidade do eco produzido pela rede pode variar conforme o material utilizado, o ângulo e a distância de aproximação; e o ruído presente no ambiente, influenciando a distância em que o petrecho pode ser

percebido pelo animal (Kastelein et al., 2000). Kratzer et al. (2020) demonstraram que a incorporação de pequenas esferas refletoras pode aumentar o eco produzido pelo petrecho. Para a toninha, Bordino et al. (2013) compararam, na pesca artesanal de San Clemente del Tuyú, Argentina, redes convencionais com redes contendo sulfato de bário, visando aumentar sua reflexão acústica, e redes confeccionadas com fios mais rígidos. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas nas taxas de captura acidental de toninhas nem nas capturas das espécies-alvo entre os três tipos de rede, e os resultados não demonstram se as toninhas detectaram ou não as redes.

A percepção da rede também não garante que o animal consiga evitá-la. Nielsen et al. (2012) observaram toninhas-do-porto (*Phocoena phocoena*) detectando e evitando uma rede modificada em ambiente natural, mostrando que esses animais possuem capacidade para perceber o petrecho, mas, mudanças de atenção ou o mascaramento causado pelo ruído poderiam reduzir essa capacidade em determinadas situações. Assim, as possibilidades consideradas são, que a rede pode ser detectada somente quando o animal já está muito próximo e possui pouco tempo para reagir ou, mesmo quando percebida com antecedência, pode não ser reconhecida como uma barreira ou não desencadear uma resposta de afastamento a tempo de evitar o emalhe (Bordino et al., 2013)

Nesse contexto, compreender a distribuição das presas, a utilização das áreas de pesca e a atividade acústica das toninhas nas proximidades das redes de emalhe é fundamental para investigar os fatores associados à captura acidental. Estudos baseados no conhecimento ecológico local já identificaram ampla sobreposição entre áreas utilizadas pela pesca artesanal e populações de toninhas ao longo da costa brasileira (Zappes et al., 2024). A integração de informações ecológicas, acústicas e pesqueiras pode, portanto, contribuir para a identificação de áreas e períodos de maior risco e fornecer subsídios para o desenvolvimento e a avaliação de estratégias de mitigação adaptadas às características da pesca artesanal no litoral central de São Paulo (Secchi et al., 2021; Paitach et al., 2022).

1.3 Uso de habitat e comportamento acústico da toninha

A distribuição dos cetáceos está diretamente relacionada como os indivíduos exploram e interagem com o ambiente marinho (Redfern et al., 2006; Palacios et al., 2013). Como predadores de níveis tróficos superiores, sua ocorrência pode responder à disponibilidade de presas e às condições ambientais que favorecem o forrageamento, a reprodução e o deslocamento (Palacios et al., 2013; Cox et al., 2018) Essas relações podem variar de acordo com a espécie, a região e a escala espacial e temporal considerada (Redfern et al., 2006; Mannocci et al., 2020).

Para a toninha, variações no uso do habitat estão associadas principalmente à dinâmica dos ambientes costeiros e estuarinos ocupados pela espécie (Paitach et al., 2017; 2021). Estudos realizados ao longo de sua distribuição indicam que sua ocorrência pode variar em função de características ambientais locais, como profundidade, características do fundo, declividade, período do dia e condições oceanográficas, cujos efeitos podem variar entre regiões e escalas espaciais (Danilewicz et al., 2009; Gómez & Cassini, 2015; do Amaral et al., 2018; Sucunza et al., 2020; Paitach et al., 2023). Na Baía Babitonga, por exemplo, a ocorrência de toninhas foi relacionada ao período do dia, à declividade e ao tipo de sedimento, tendo sido identificadas áreas de uso recorrente e de provável atividade de forrageamento (Paitach et al., 2023).

Embora os odontocetos apresentem adaptações visuais ao ambiente aquático, a disponibilidade de luz e a turbidez podem restringir o alcance das informações visuais. (Mass & Supin, 2007). Nesse contexto, a audição e a ecolocalização constituem componentes fundamentais da percepção ambiental, permitindo a orientação, a busca por presas e a detecção de objetos mesmo em condições de baixa visibilidade (Wartzok & Ketten, 1999; Au & Simmons, 2007; Kremers et al., 2016).

Os odontocentos produzem diferentes tipos de sinais acústicos, classificados principalmente em sinais tonais (assobios) e sinais pulsados (cliques de ecolocalização e *burst pulses*), que apresentam funções associadas à comunicação, navegação, localização de presas e exploração do ambiente (Tyack & Clark, 2000; Gordon & Tyack, 2002; Perrin, et al., 2009). Entre os sinais pulsados, os cliques de ecolocalização são produzidos no complexo nasal pela passagem de ar através dos lábios fônicos (Cranford et al., 1996; Madsen et al., 2010). A energia acústica é conduzida pelo melão, estrutura formada principalmente por tecido adiposo que atua na focalização dos sinais, formando um feixe direcionado para a região à frente da cabeça (McKenna et al., 2012; Madsen et al., 2010).

Ao atingir uma presa ou outro objeto, parte dessa energia retorna na forma de eco e é conduzida principalmente pelos tecidos adiposos associados à mandíbula até as estruturas auditivas (Norris & Harvey, 1974) (Figura 4). Como o feixe de ecolocalização é direcional, a intensidade do sinal recebida por um detector depende da orientação da cabeça do animal, sendo maior quando o feixe está direcionado para o equipamento e menor quando o sinal é emitido fora do seu eixo principal (Madsen et al., 2010; Wisniewska et al., 2012).

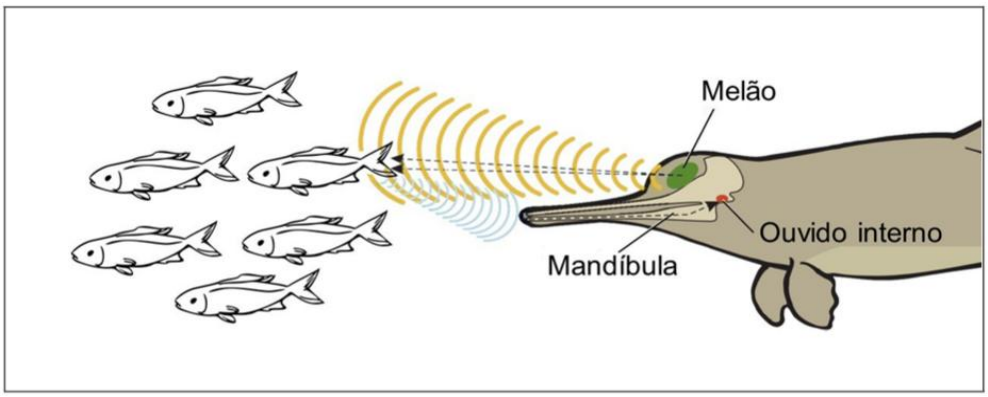


Figura 4. Estrutura de ecolocalização dos odontocetos representada pela Toninha. Fonte: Projeto Toninhas do Brasil.

A toninha produz predominantemente cliques de ecolocalização de banda estreita e alta frequência — NBHF, *narrow-band high-frequency* — empregados na exploração acústica do ambiente, sendo a única que emite tais sinais em ambientes costeiros no Brasil (Mélcon et al., 2012; Paitach el al., 2021). Os cliques podem ser descritos pela duração do pulso, frequências central e de pico, largura de banda e nível de pressão sonora recebido pelo equipamento (Madsen & Wahlberg, 2007; Au & Hastings, 2008). A duração corresponde ao tempo de cada pulso, enquanto a frequência de pico indica a frequência de maior energia do sinal, e a largura de banda representa o intervalo de frequências ocupado pelo clique (Madsen & Wahlberg, 2007). O nível de pressão sonora recebido expressa a intensidade do sinal no detector, mas também é influenciado pela distância e pela orientação do animal, pelas condições de propagação e pelas características do equipamento utilizado (Madsen & Wahlberg, 2007).

Melcón et al. (2012) encontraram cliques com duração média de 212 ± 56 µs, frequência de pico de 139 kHz, largura de banda de aproximadamente 19 kHz e intervalo médio entre cliques de 33 ± 4 ms, reduzido para 4–7 ms nas sequências mais rápidas. Bittencourt et al. (2025), utilizando um gravador de banda mais ampla, registraram frequência de pico média de 132,4 ± 6,8 kHz e durações médias entre 68,2 ± 18,9 µs e 81,2 ± 7,8 µs, conforme o tipo de sequência. No litoral central de São Paulo, Lorenzi (2025) encontrou mediana de 130 kHz para a frequência modal, com os parâmetros de frequência concentrados principalmente entre 125 e 135 kHz. As variações podem refletir diferenças de habitat, comportamento, idade e origem populacional dos animais (Melcón et al., 2016; Paitach et al., 2021; Cunha et al., 2014; Nara et al., 2022). Entretanto, como os estudos utilizaram equipamentos, taxas de amostragem e métodos de processamento distintos, parte dessas diferenças também pode decorrer das características dos sistemas de registro e da orientação do feixe de ecolocalização em relação ao detector (Melcón et al., 2012; Giardino et al., 2024; Bittencourt et al., 2025).

Os cliques são organizados em cadeias descritas pelo número de cliques, pela duração e pelo intervalo entre cliques (Melcón et al., 2012; Paitach et al., 2021; Bittencourt et al., 2025), e sua organização temporal pode fornecer informações sobre o modo como os odontocetos exploram o ambiente (Akamatsu et al., 2005; Verfuß et al., 2009). Durante a busca e a aproximação da presa, os cliques são inicialmente emitidos com intervalos relativamente longos; na fase terminal, a taxa de emissão aumenta acentuadamente e o intervalo entre cliques diminui, formando sequências conhecidas como *feeding buzzes* ou *terminal buzzes* (Madsen et al., 2005; Johnson et al., 2008; DeRuiter et al., 2009).

Nuuttila et al. (2013) compararam registros obtidos por C-PODs com observações visuais simultâneas de toninhas-do-porto e golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), verificando que as cadeias relacionadas ao forrageamento apresentavam menores intervalos entre cliques e utilizando valores inferiores a 10 ms para identificar *feeding buzzes*. Posteriormente, Paitach et al. (2021) aplicaram esse mesmo limite à toninha, utilizando os *feeding buzzes* como indicadores indiretos de forrageamento. Na Baía Babitonga e na Praia de Itapirubá, no litoral de Santa Catarina, esses eventos apresentaram maior probabilidade de ocorrência durante a noite, indicando variação diária na provável atividade de forrageamento (Paitach et al., 2021). Padrões

funcionalmente semelhantes também foram registrados em cachalotes e baleias-bicudas, embora a estrutura e a intensidade dos sinais variem entre espécies e estratégias de forrageamento (Madsen et al., 2002; Johnson et al., 2004; Madsen et al., 2005). Entretanto, em registros obtidos por detectores estacionários, um *buzz* indica uma provável aproximação terminal ou tentativa de captura, mas não permite confirmar se a presa foi efetivamente capturada ou ingerida. A avaliação do sucesso da captura exige informações adicionais, como registros de movimento, ecos das presas ou observações comportamentais simultâneas (DeRuiter et al., 2009; Wisniewska et al., 2016; Todd et al., 2022).

As características espectrais e temporais dos cliques produzidos pela toninha possibilitam o emprego do monitoramento acústico passivo (MAP) para investigar sua ocorrência e atividade acústica em ambientes costeiros (Paitach et al., 2021, 2023). Os registros acústicos fornecem informações complementares sobre o uso desses ambientes, a presença acústica evidencia a ocorrência de animais emitindo sinais na área monitorada, enquanto a atividade acústica expressa como essas emissões variam e se distribuem ao longo do tempo (Marques et al., 2013; Paitach et al., 2021). Essa abordagem permite acompanhar a espécie durante longos períodos, inclusive à noite e sob condições desfavoráveis à observação direta, contribuindo para a identificação de padrões de uso do habitat e de variação diária da atividade acústica (Mellinger et al., 2007; Paitach et al., 2021, 2023). Entretanto, uma atividade acústica mais intensa pode resultar da presença de mais animais, do aumento na emissão de cliques, da maior proximidade dos indivíduos ou de mudanças comportamentais, não correspondendo diretamente à abundância da espécie (Madsen & Wahlberg, 2007; Marques et al., 2013; Warren et al., 2017; Fleishman et al., 2023).

A aplicação do MAP em áreas de pesca também permite investigar a ocorrência e a atividade acústica das toninhas nas proximidades de redes de emalhe, principal ameaça à conservação da espécie (Secchi et al., 2021; Giardino et al., 2024; Arrial, 2024). Detectores instalados em redes artesanais registraram cliques NBHF compatíveis com os sinais da toninha, confirmando que os animais podem permanecer acusticamente ativos próximos a esses petrechos (Giardino et al., 2024). Mais recentemente, Arrial et al. (2025) registraram intensa atividade acústica, incluindo cliques de ecolocalização, *feeding buzzes* e *burst pulses*, nas proximidades de uma rede durante um evento de captura

acidental. Esses registros demonstram o potencial do MAP para investigar as interações entre toninhas e redes de pesca, mas a simples ocorrência de cliques junto ao petrecho não comprova que a rede tenha sido detectada pelo animal (Kastelein et al., 2000; Cox & Read, 2004).

Estudos realizados na FMA IIb indicam que as toninhas utilizam predominantemente ambientes costeiros rasos e que sua ocorrência pode variar em função de características ambientais e temporais (Sucunza et al., 2020; Paitach et al., 2023). No litoral central de São Paulo, Lorenzi (2025) identificou variações sazonais e nictemerais na ocorrência da espécie em Praia Grande, região onde a interação das toninhas com a pesca artesanal de emalhe já foi documentada (Bertozzi & Zerbini, 2002; Bertozzi, 2009). Apesar desses avanços, ainda são pouco compreendidas, em escala local, as relações entre a ocorrência das toninhas, as condições ambientais e a atividade pesqueira artesanal na região.

Como não existe uma assinatura acústica específica que indique a detecção ou o reconhecimento das redes de emalhe, a busca por variações sistemáticas nas características temporais, espectrais e na intensidade recebida dos cliques entre as condições com e sem rede, possuem caráter exploratório (Cox & Read, 2004). Eventuais diferenças podem indicar uma alteração da atividade acústica associada à presença do petrecho, mas não comprovam seu reconhecimento; da mesma forma, a ausência de diferenças não excluiria sua detecção, pois uma possível resposta poderia envolver mudanças de trajetória, distância de aproximação, direcionamento do feixe de ecolocalização ou interrupção da emissão dos cliques (Cox & Read, 2004; Koschinski et al., 2006; Wisniewska et al., 2015).

A integração dessas informações com variáveis ambientais e com a distribuição das redes de pesca pode revelar áreas de uso recorrentes e de maior sobreposição com a atividade pesqueira. Adicionalmente, a análise da estrutura das cadeias de cliques pode identificar alterações compatíveis com uma possível resposta comportamental aos petrechos. Essas informações são relevantes para compreender a interação da toninha com áreas de pesca e subsidiar estratégias de conservação no litoral central de São Paulo.

2. Objetivos

O presente estudo teve como objetivo investigar os padrões de ocorrência, uso de habitat e de atividade acústica das toninhas (*Pontoporia blainvillei*) nas áreas costeiras do litoral central do estado de São Paulo monitoradas durante operações de pesca artesanal com redes de emalhe, considerando a variação espaço-temporal desses padrões, as associações com variáveis ambientais e pesqueiras, e as possíveis diferenças entre os registros obtidos nas condições com e sem a rede de emalhe.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar o uso do habitat e a variação espaço-temporal da ocorrência acústica de toninhas em áreas de pesca de emalhe monitoradas no trecho entre Praia Grande e Mongaguá, e sua associação com variáveis ambientais e pesqueiras;

- Estimar e caracterizar a distribuição espaço-temporal da intensidade relativa de registros acústicos de toninhas nas áreas de pesca de emalhe monitoradas entre Praia Grande e Mongaguá;

- Descrever os parâmetros acústicos das cadeias de cliques de toninhas e investigar, de forma exploratória, possíveis diferenças entre os registros simultâneos obtidos nas situações com e sem a rede de emalhe, durante operações de pesca artesanal realizadas em Praia Grande, buscando identificar padrões compatíveis com uma possível resposta comportamental aos petrechos.

3. Metodologia

3.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende a região costeira dos municípios de Praia Grande (24º 00' 22" S - 46º 24' 10" W) e Mongaguá (24º 06' 27" S - 46º 40' 48"), localizados no litoral central do estado de São Paulo e inseridos na Área de Manejo da Toninha FMA IIb (*Franciscana Management Area*) (Cunha et al., 2014).

Com cerca de 880 km de extensão de linha de costa, o litoral paulista é separado em três porções: litoral norte (Ubatuba, Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião); litoral central (Bertioga, Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe) e litoral sul (Iguape, Ilha Comprida e Cananéia) (Cetesb, 2022). A Baixada Santista (Figura 5), como é conhecido o litoral central, possui uma das maiores áreas de manguezal do litoral paulista, apresentando extensa planície costeira, onde as praias são dissipativas de baixa energia e de orientação NE – SW, sendo assim, estão abertas para os sistemas de ondas com alta energia provenientes de S – SSE. (AB'Saber, 1965; de Gouveia Souza, 2012). A região é controlada por massas tropicais polares, predominando o transporte sedimentar no sentido a NE, e apresenta clima úmido e subtropical, com aumento de precipitação das massas polares onde a serra se aproxima da costa (de Gouveia Souza, 2012). Os movimentos das correntes são regidos transversalmente pelas marés, e pelo vento e gradientes de densidade ao longo da linha de costa. A plataforma continental e as planícies costeiras são extensas e possuem gradientes topográficos baixos (de Gouveia Souza, 2012).

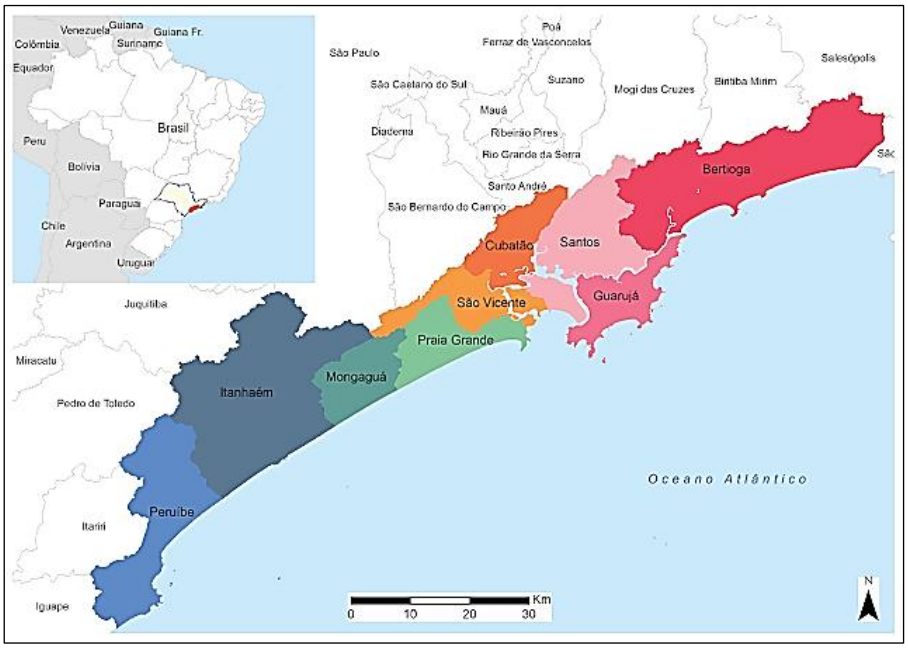


Figura 5: Localização da Região Metropolitana da Baixada Santista, no litoral do estado de São Paulo, com destaque para os municípios que compõem a região. Fonte: Geokratos (2024). Disponível em: página "Baixada Santista". Acesso em 31/07/2026.

Concentra cerca de 80 % da população fixa de toda a faixa costeira paulista e apresenta a mais elevada taxa de urbanização do litoral do estado, abrigando diversas atividades econômicas potencialmente impactantes, como a pesca, o turismo, o porto de Santos e a expansão urbana, que influenciam diretamente a qualidade ambiental regional (Cetesb, 2022).

A pesca artesanal se destaca como uma das principais atividades socioeconômicas da região, sendo exercida por diferentes comunidades distribuídas ao longo da faixa costeira (Instituto de Pesca, 2025). De acordo com dados do Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado de São Paulo (PMAP), no segundo semestre de 2024 a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro (APAMLC) apresentou a maior representatividade entre as APAs marinhas paulistas, concentrando aproximadamente 52,1% da produção pesqueira extraída nessas áreas, predominantemente de caráter artesanal (Instituto de Pesca, 2025). As redes de emalhe concentram parcela significativa do esforço pesqueiro regional, juntamente com outras artes costeiras - como o arrasto duplo - refletindo a intensa utilização dos ambientes rasos e produtivos da região (Instituto de Pesca, 2025). Entre os principais recursos explorados destacam-se espécies, como a tainha (*Mugil liza*), a corvina (*Micropogonias furnieri*), a pescada-cambucu (*Cynoscion virescens*) e a pescadinha-real (*Macrodon atricauda*) (Instituto de Pesca, 2025).

As redes de emalhe também estão associadas à captura acidental de pequenos cetáceos (Bertozzi & Zerbini, 2002; Bertozzi, 2009; Secchi et al., 2022). Registros históricos de capturas acidentais de toninhas pela frota artesanal de Praia Grande evidenciam a ocorrência dessa interação na região (Bertozzi & Zerbini, 2002; Bertozzi, 2009; Penela, 2023).

Essa dinâmica favorece a sobreposição espacial entre as áreas utilizadas pela pesca e os habitats costeiros ocupados pela toninha. Dessa forma, o litoral central de São Paulo representa uma área estratégica para estudos sobre ocorrência e uso de habitat da espécie em ambientes sob influência da pesca artesanal.

3.2 Coleta de dados

A coleta de dados deste trabalho foi viabilizada por meio de parcerias institucionais com o Projeto Toninhas do Brasil (UNIVILLE – São Francisco do Sul), o

Instituto Biopesca e o Laboratório de Biologia e Conservação de Organismos Pelágicos (LABCOP – UNESP/CLP), os quais forneceram apoio logístico, fundamental à execução das atividades de campo, incluindo a disponibilização de equipamentos e transporte.

Para as análises de uso de habitat e intensidade relativa acústica de registros das toninhas em áreas de pesca de emalhe, os dados acústicos foram coletados entre 8 de março de 2023 e 27 de março de 2025 em parceria com três embarcações de pescadores artesanais que operam regularmente na região costeira dos municípios de Praia Grande e Mongaguá, e atuam predominantemente em áreas de até 20m de profundidade. O delineamento amostral foi oportunístico e não aleatório, pois a escolha dos locais e períodos de coleta foi condicionada pela disponibilidade das embarcações e pelas decisões dos pescadores sobre onde, quando e como realizar os lances. Consequentemente, o esforço amostral ficou concentrado nos locais e períodos em que as embarcações acompanhadas realizaram suas operações, não abrangendo de maneira uniforme toda a área de estudo (Figura 6).

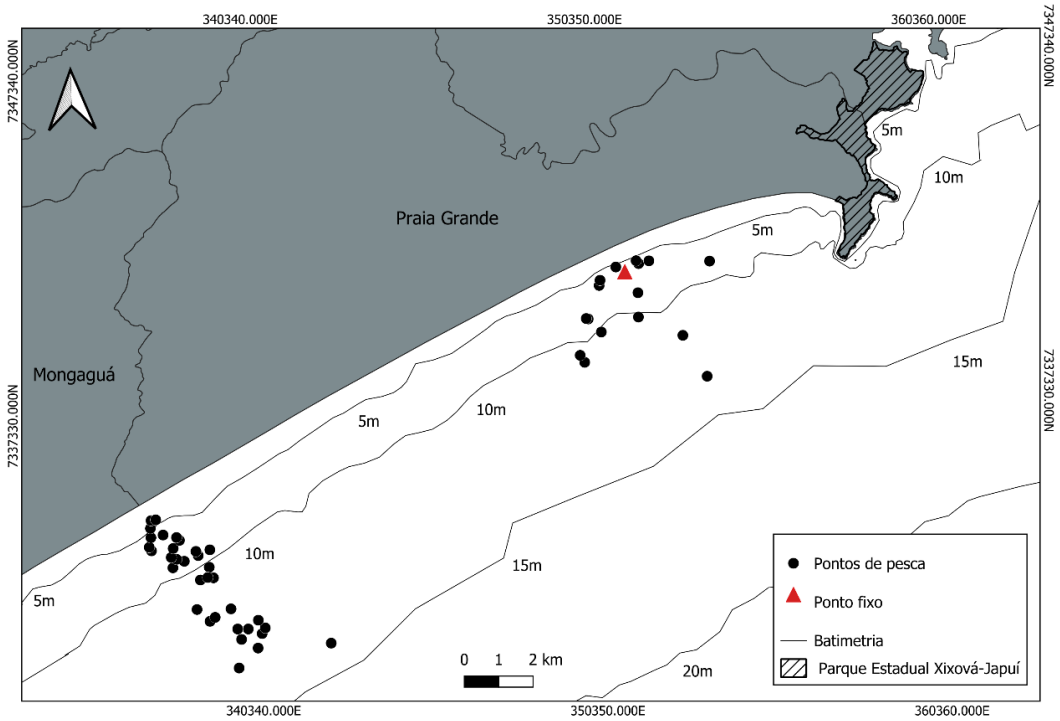


Figura 6. Localização dos lances de pesca monitorados com detectores acústicos C-POD e F-POD, do ponto fixo de monitoramento e dos limites do Parque Estadual Xixová-Japuí, no litoral central do estado de São Paulo, Brasil.

Para representar a distribuição das coletas ao longo do ano, os 53 lances acompanhados foram agrupados em dois períodos: primavera–verão, de 21 de setembro a 20 de março (n = 33), e outono–inverno, de 21 de março a 20 de setembro (n = 20). Esse agrupamento foi definido com base nas estações do ano, sem pressupor que as condições oceanográficas tenham sido homogêneas dentro de cada período. Por essa razão, a temperatura da água foi considerada separadamente como variável contínua nas análises. Os lances tiveram início entre 5h57 e 16h57, e as redes permaneceram na água por períodos de 7 a 24 horas.

O Monitoramento Acústico Passivo (MAP), atua como uma ferramenta eficaz para a detecção e o estudo de mamíferos marinhos em seu ambiente natural, por permitir o registro contínuo e não invasivo da atividade acústica das espécies ao longo do tempo (Mellinger et al., 2007; Zimmer, 2011). A aplicação dessa abordagem depende do uso de equipamentos capazes de detectar e registrar automaticamente os sinais de ecolocalização produzidos pelas espécies-alvo (Clay et al., 2018; Dracott et al., 2022).

Para o registro dos sinais acústicos compatíveis com os cliques de ecolocalização das toninhas, foram utilizados detectores acústicos autônomos C-POD e F-POD (*Chelonia Limited*, Reino Unido), desenvolvidos para o monitoramento de sinais de ecolocalização de odontocetos e capazes de detectar os sinais pulsados de banda estreita e alta frequência (NBHF), característicos da toninha (Mélcon et al., 2012; Tellechea et al., 2017; Paitach et al., 2022). A atribuição desses sinais à toninha foi baseada em suas características acústicas e no contexto regional, uma vez que a espécie é o único cetáceo costeiro conhecido por produzir cliques NBHF ao longo da costa brasileira (Paitach et al., 2021). Outros cetáceos produtores de sinais NBHF registrados em águas brasileiras, como as espécies do gênero *Kogia*, apresentam hábitos predominantemente oceânicos e apresentam características espectrais distintas daquelas observadas nos cliques da toninha (Paro et al., 2019). Ambos os equipamentos possuem hidrofone omnidirecional e operam na faixa de 20–160 kHz (C-POD) e 20–220 kHz (F-POD) (*Chelonia Limited*, 2018, 2025). Embora apresentem a mesma finalidade de detecção automatizada de cliques de cetáceos, os equipamentos diferem no processamento e na quantidade de informações extraídas de cada sinal. O C-POD utiliza critérios como duração, intensidade, frequência e largura de banda para selecionar os cliques, enquanto o F-POD emprega processamento digital de alta resolução no domínio do tempo, permitindo extrair um conjunto mais

amplo de características dos cliques e das sequências de cliques. Diferentemente de gravadores acústicos convencionais, os PODs não armazenam gravações contínuas do ambiente sonoro, mas detectam automaticamente pulsos ultrassônicos e registram parâmetros acústicos de cada detecção, como frequência, duração e intervalo entre cliques. Os dados são armazenados em um cartão SD e os registros são posteriormente processados por algoritmos de classificação automática (*Chelonia Limited*, 2018, 2025; Todd et al., 2023). O alcance de detecção varia conforme as características do sinal emitido, a orientação do animal e as condições ambientais, podendo atingir aproximadamente 400 m para pequenos cetáceos produtores de sinais NBHF (*Chelonia Limited*, 2025; Todd et al., 2023). (Figura 7.)

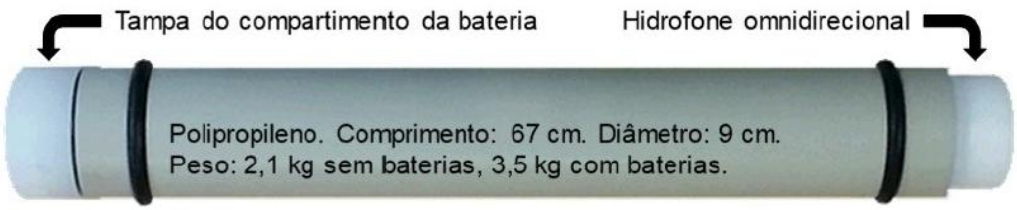


Figura 7. C-POD – Chelonia Limited, UK (Paitach *et al.*, 2021).

Foram realizadas 40 coletas com o C-POD, entre 8 de março de 2023 e 22 de abril de 2024, e 13 coletas com o F-POD, entre 21 de setembro de 2024 e 25 de março de 2025. Os equipamentos foram posicionados em uma das extremidades das redes de emalhe utilizadas nas operações de pesca (Tabela 1), as quais permanecem ancoradas ao substrato marinho por meio de duas poitas de ferro. Esse artefato, tradicionalmente empregado pelos pescadores, atua como elemento de fixação da rede ao fundo, garantindo sua estabilidade durante o período de imersão.

Tabela 1. Caracterização das redes de emalhe utilizadas nas operações de pesca durante a coleta de dados acústicos, com indicação do tipo de rede, número de lances (n), tamanho de malha (cm), comprimento (m) e altura (m).

Tipo de rede (nº lances)	Malha (cm)	Comprimento (m)	Altura (m)
Pescada (n = 15)	7	600 – 2400 m	1,68 – 3,36 m
Fundo mista (n = 10)	11 e 12	200 – 600 m	5,52 m
Fundo grossa (n = 5)	11	1200 – 3000 m	2,64 m

Fundo grossa (n = 21)	12	420 – 720 m	5,76 m
Fundo grossa (n = 2)	13	600 m	6,24 m

A poita é amarrada por uma corda a um marcador superficial composto por um pedaço de madeira com bandeira de tecido, ao qual se prende também uma garrafa PET de 200 ml contendo nome e telefone dos pescadores, ambos utilizados para sinalizar a rede na superfície. O hidrofone foi preso a uma corda, cerca de 2 metros acima do fundo, de modo a reduzir a interferência de ruídos (Figura 8a) (i.e., Giardino et al, 2023).

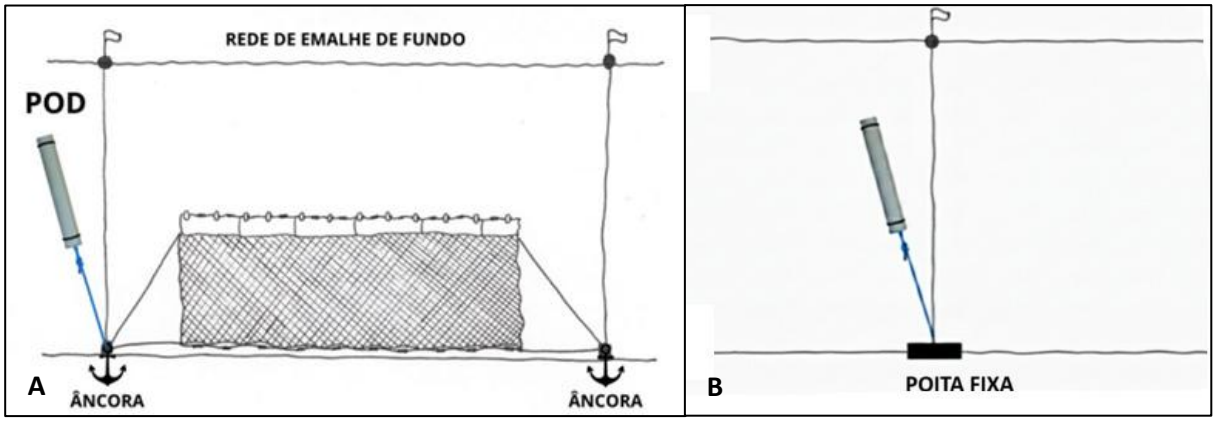


Figura 8. A) Esquema ilustrativo de um detector acústico passivo (C-POD ou F-POD) acoplado à âncora em uma das extremidades da rede de emalhe de fundo, utilizada na pesca artesanal da região central do litoral de São Paulo. Fonte: Adaptado de Arrial, L. G. R. et al., 2024. **B)** C-POD em ponto fixo.

Durante a instalação dos equipamentos acústicos, um observador independente a bordo acompanhou os pescadores. Os parâmetros abióticos foram registrados no momento da instalação e retirada dos dispositivos nas redes, sendo anotados em planilhas de campo. Durante o período em que as redes permaneceram na água, não foram realizadas medições adicionais dessas variáveis, com exceção da temperatura da água, que foi registrada continuamente pelos hidrofones, na qual registra de forma autônoma, com intervalo de uma hora. As coordenadas geográficas foram obtidas por meio de receptor GPS Garmin ou por aplicativo móvel (por exemplo, Fish Point). A transparência da água foi estimada com o uso do disco de Secchi, enquanto a profundidade foi mensurada com uma sonda portátil de medição por sonar (DepthTrax 1H, Hawkeye®). Amostras de água foram coletadas para determinação da salinidade, utilizando um

refratômetro óptico portátil (modelo IPS-10T, Impac®). Os peixes capturados na rede em que estava o hidrofone, foram identificados com base no conhecimento local dos pescadores e contabilizados por espécie. Na ausência do observador de bordo, os pescadores foram responsáveis pela coleta de amostras de água para análise de salinidade e pelo registro das coordenadas geográficas do ponto de instalação dos equipamentos acústicos. Após a despesca, os equipamentos eram retirados ou reinstalados, conforme a continuidade das atividades de coleta de dados.

Para avaliar possíveis diferenças nos padrões acústicos da toninha em áreas com e sem a presença de redes de pesca, foi realizada uma amostragem simultânea em duas condições. Na condição com rede, um C-POD foi instalado em uma rede de emalhe (malha 7; comprimento: 1080 m; altura: 1,68 m; coordenadas: 24°03′27,3″ S; 46°28′30,5″ W), enquanto, na condição de referência, outro C-POD foi acoplado a um ponto fixo localizada na região costeira do município de Praia Grande/SP (coordenadas: 24°02′10,7″ S 46°27′45,3″ W).

No ponto fixo, o C-POD foi mantido por meio de uma poita composta por uma estrutura de concreto com aproximadamente 1 metro de comprimento, conectada a uma corda e a uma boia de sinalização na superfície, mantendo o equipamento submerso e posicionado próximo ao fundo (Figura 8b). Os registros compreenderam o período do dia 9 ao dia 10 de abril de 2024, totalizando aproximadamente 24 horas, e permitiu a obtenção de registros acústicos simultâneos, o que possibilitou a comparação dos parâmetros acústicos das cadeias de cliques e a avaliação de possíveis alterações nos padrões de emissão da toninha associadas à presença das redes de emalhe.

3.3 Análise de dados

3.3.1 Caracterização geral da ocorrência acústica da toninha nas áreas de pesca

Os dados armazenados nos cartões SD foram transferidos e processados nos softwares CPOD.exe (*Chelonia Limited*, versão 2.044) e FPOD.exe (*Chelonia Limited,* versão 1.0). Os registros foram analisados pelos classificadores automáticos KERNO, utilizado para os dados do C-POD, e KERNO-F, aplicado aos registros do F-POD. Esses

algoritmos foram desenvolvidos para detectar e classificar cadeias de cliques produzidas por pequenos odontocetos que emitem sinais de banda estreita e alta frequência (NBHF), incluindo a toninha, reduzindo a necessidade de classificação manual dos registros (Paitach et al., 2021).

Inicialmente, os arquivos foram avaliados quanto à qualidade dos registros e à presença de ruídos excessivos que pudessem comprometer a interpretação dos sinais acústicos. Foram incluídas nas análises apenas as cadeias classificadas pelos algoritmos como de qualidade moderada ou alta, conforme as recomendações do fabricante, buscando aumentar a confiabilidade das detecções e reduzir a ocorrência de falsos positivos (Dähne et al., 2013). Os sinais classificados como *broadband*, geralmente associados a odontocetos da família Delphinidae, não foram considerados, por não corresponderem ao grupo acústico de interesse deste estudo.

Os registros classificados foram exportados através da função "Full Train Details", que gera um arquivo .csv que foi transferido para o Excel (Microsoft ® Excel for Office), contendo informações referentes às cadeias de cliques detectadas e seus respectivos parâmetros acústicos. Esses arquivos foram posteriormente organizados em planilhas para análises descritivas, gráficas e estatísticas, onde foram organizadas em uma matriz contendo informações temporais e espaciais de cada registro, incluindo: data, horário, local de amostragem (latitude e longitude), período do dia (manhã: 6h–12h; tarde: 12h–18h; noite: 18h–00h; madrugada: 00h–6h), estação do ano (quente e frio) (Paitach et al., 2021), e características do lance de pesca correspondente, como tamanho, malha, altura e comprimento da rede, a quantidade de peixes capturados por espécie em cada lance, além de temperatura, profundidade, transparência e salinidade.

Para avaliar a ocorrência acústica da toninha nas áreas monitoradas, foram realizadas análises descritivas considerando todos os lances de pesca monitorados (n = 53). A hora completa de monitoramento foi adotada como unidade temporal, sendo os registros organizados em intervalos consecutivos de 60 minutos. Períodos de monitoramento inferiores a 60 minutos ao final de cada lance não foram incluídos na análise. Uma hora foi considerada positiva quando apresentou pelo menos uma cadeia de cliques NBHF classificada como detecção acústica válida. A ocorrência foi expressa pela proporção de horas positivas de detecção, calculada pela razão entre o número de horas contendo pelo menos uma detecção válida e o total de horas efetivamente monitoradas

em cada período, permitindo a padronização em relação ao esforço amostral. A partir desses dados, foram calculados o esforço total de monitoramento, o número de horas positivas de detecção, o número de cadeias de cliques registradas e a distribuição dos registros de acordo com o período do dia e a estação do ano. Essa padronização permitiu comparar coletas com durações distintas, mas não corrigiu a distribuição desigual do esforço entre os locais e os períodos sazonais.

A inspeção manual dos registros foi realizada apenas nos dias em que ocorreram capturas acidentais, não abrangendo todo o conjunto de dados. Para os demais períodos, a atribuição dos sinais à toninha baseou-se nos resultados dos classificadores automáticos, na compatibilidade das características acústicas com os sinais NBHF conhecidos para a espécie e no contexto regional. Como não foi realizada uma avaliação independente de falsos positivos em toda a base de dados nem uma análise sistemática de outras fontes potenciais de sinais NBHF, os registros foram interpretados como detecções acústicas compatíveis com a toninha.

3.3.2 Uso de habitat, influência das variáveis ambientais e distribuição espacial da atividade acústica

Para as análises de uso de habitat, foram selecionados apenas os dias em que houve coleta concomitante dos dados acústicos, das variáveis ambientais e da composição das capturas (n = 39). Essa padronização assegurou que todas as variáveis explicativas consideradas nos modelos estatísticos estivessem disponíveis para cada unidade amostral, resultando em um conjunto de dados composto apenas por casos completos (Nakagawa & Freckleton, 2008; Dumelle et al., 2025).

Para estimar a abundância relativa das espécies capturadas, foi utilizada a Captura por Unidade de Esforço (CPUE) uma medida amplamente empregada como índice relativo da abundância ou disponibilidade dos organismos capturados (Maunder & Punt, 2004; Hoyle et al., 2024). O cálculo da CPUE considerou o número de indivíduos capturados em relação ao esforço de pesca empregado, sendo este padronizado pela área da rede exposta na água (comprimento × altura) associada ao tempo de pesca. Desse modo, o esforço pesqueiro foi padronizado de acordo com as dimensões da rede e com a duração do lance, conforme a expressão:

$$CPUE = \frac{nº\ indivíduos\ capturados}{(comprimento\ (m) \times altura(m)) \times tempo\ de\ exposição\ \ (h)}$$

As análises estatísticas foram conduzidas no software R, versão 4.5.0, por meio da interface RStudio. Inicialmente, o banco de dados foi inspecionado quanto à estrutura das variáveis, à codificação dos níveis categóricos, à presença de valores ausentes e à consistência dos registros. A distância da costa foi centralizada e escalada por meio da função "scale()", de modo a facilitar a estimação e tornar sua escala numérica mais comparável às demais variáveis contínuas.

Como variáveis explicativas candidatas, foram consideradas hora, período do dia, temperatura, profundidade, transparência da água, salinidade, distância da costa, estação e as capturas por unidade de esforço das espécies de peixes avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2. Variáveis ambientais consideradas na modelagem da ocorrência acústica de toninhas nas proximidades das redes de emalhe no litoral central do estado de São Paulo.

Categoria	Variável	Descrição
Variável resposta	PA/h	Ocorrência de toninhas ao longo de intervalos de 24 horas
Variáveis temporais	Hora	Hora do dia associada aos registros acústicos
	Período do dia	Classificação do dia em manhã, tarde, noite e madrugada
	Estação	Meses quentes (primavera e verão), meses frios (outono e inverno)
Variáveis ambientais	Temperatura (Cº)	Temperatura da água
	Profundidade (m)	Profundidade local
	Transparência	Transparência da água
	Salinidade	Salinidade da água
	Distância da costa	Distância do ponto amostral em relação à linha de costa
Variáveis pesqueiras	CPUE corvina	Captura por unidade de esforço da corvina (*Micropogonias furnieri*)
	CPUE pescada	Captura por unidade de esforço da pescada (*Cynoscion spp.*) (número de indivíduos capturados
	CPUE guaivira	Captura por unidade de esforço da guaivira (*Oligoplites saurus*)
	CPUE pescada-amarela	Captura por unidade de esforço da pescada-amarela (*Macrodon atricauda*)
	CPUE porquinho	Captura por unidade de esforço do porquinho (*Balistes capriscus*)
Efeito aleatório	Data	Data de amostragem

*Neste estudo, foi mantida a denominação popular empregada pelos pescadores do litoral central de São Paulo, que se referem a *Macrodon atricauda* como "pescada-amarela".

Antes da modelagem, as associações entre as variáveis numéricas foram avaliadas por meio de coeficientes de correlação de Pearson, calculados pela função "cor()" do pacote *stats* no R. Variáveis que representavam a mesma dimensão ecológica ou temporal, ou que apresentavam correlação elevada, não foram incluídas simultaneamente no mesmo modelo, a fim de reduzir problemas de colinearidade e facilitar a interpretação dos efeitos dos preditores (Zuur et al., 2009). Dessa forma, hora e período do dia foram tratados como representações alternativas da variação temporal, enquanto profundidade e distância da costa foram avaliadas separadamente por possuírem alta correlação elevada entre elas. Foram consideradas fortemente correlacionadas as variáveis com $| r | \geq 0{,}7$. (Figura 9).

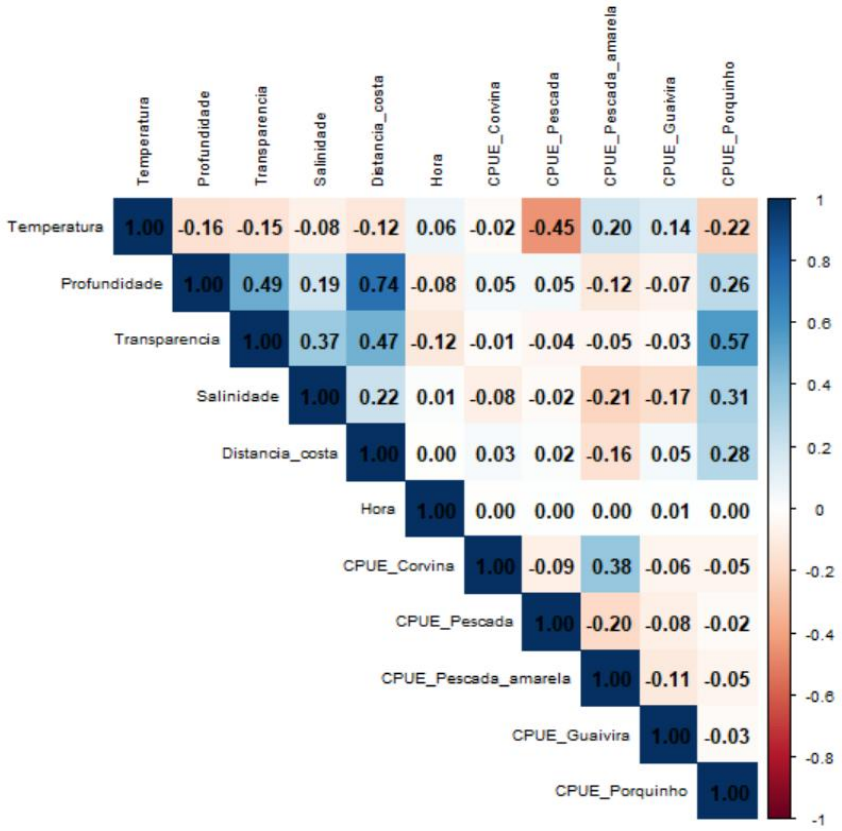


Figura 9. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais e os valores de captura por unidade de esforço (CPUE) das espécies de peixes analisadas.

Inicialmente, a estrutura do banco de dados foi inspecionada para verificar a classe das variáveis, os níveis dos fatores, a presença de valores ausentes e possíveis

inconsistências de codificação. A variável resposta foi definida como a presença ou ausência da toninha em cada período amostral, representada, respectivamente, pelos valores 1 e 0. Por se tratar de uma resposta binária, as análises foram realizadas por meio de modelos lineares generalizados mistos (GLMMs), com distribuição binomial e função de ligação *logit*, utilizando-se a função "glmer" do pacote *lme4*. A data de amostragem foi incluída como intercepto aleatório, com o objetivo de considerar a dependência entre observações obtidas no mesmo dia. Essa abordagem permite a inclusão simultânea de efeitos fixos e aleatórios, bem como a consideração da estrutura hierárquica e da dependência entre as observações (Zuur et al., 2009).

O efeito da hora foi modelado por meio de uma *spline* periódica, implementada pela função "pbs()", com três graus de liberdade e nós de contorno definidos entre 0 e 23 horas. Essa estrutura permitiu representar variações não lineares da ocorrência ao longo do ciclo diário, preservando a continuidade entre as últimas e as primeiras horas do dia (Wang & Yan, 2021).

A seleção dos efeitos fixos foi realizada por um procedimento sequencial progressivo baseado no Critério de Informação de Akaike. Esse critério considera simultaneamente o ajuste e a complexidade dos modelos, sendo selecionado o modelo com o menor valor de AIC (Akaike, 1974; Burnham & Anderson, 2002). Na primeira etapa, foram comparados o modelo nulo e modelos contendo individualmente cada variável candidata. A partir da estrutura que apresentou o menor AIC, as variáveis restantes foram acrescentadas separadamente, uma por vez. Em cada rodada, o modelo com o menor valor de AIC foi utilizado como base para a etapa seguinte. O procedimento foi encerrado quando nenhuma inclusão produziu redução adicional do AIC.

Após a seleção do modelo final, a contribuição global da hora do dia foi avaliada pela comparação com um modelo reduzido, do qual apenas essa variável foi retirada, mantendo-se as demais variáveis explicativas e o efeito aleatório. Os modelos foram comparados pelo teste da razão de verossimilhança, sendo também examinada a variação nos valores de AIC. A adequação do modelo selecionado foi examinada com resíduos quantílicos simulados, produzidos pela função "simulateResiduals()" do pacote DHARMa (Hartig, 2018). A partir desses resíduos, foram avaliados graficamente o padrão de distribuição dos resíduos e sua relação com os valores preditos, além da presença de sobredispersão e valores extremos.

As probabilidades ajustadas de presença acústica foram posteriormente obtidas para cada variável selecionada por meio da função "ggpredict()" do pacote *ggeffects*, mantendo-se os demais componentes do modelo em seus valores de referência. As estimativas foram representadas juntamente com seus intervalos de confiança de 95%, utilizando o pacote *ggplot2*, e reunidas em uma figura composta com o pacote *cowplot* (Wickham, 2016; Lüdecke, 2018; Wilke, 2025)

Os valores de *p* foram interpretados de forma contínua, seguindo a linguagem de evidência proposta por Muff et al. (2022): $p < 0{,}001$ indicou evidência muito forte; $0{,}001 \leq p < 0{,}01$, evidência forte; $0{,}01 \leq p < 0{,}05$, evidência moderada; $0{,}05 \leq p < 0{,}10$, evidência fraca; e $p \geq 0{,}10$, pouca ou nenhuma evidência estatística. Essa classificação foi considerada em conjunto com a direção, a magnitude e a incerteza das estimativas.

A distribuição espacial da atividade acústica de toninhas ao redor das redes de pesca foi avaliada por meio da elaboração de mapas de calor, utilizando o software QGIS, versão 3.34.6. Para essa análise, foram considerados todos os dias de lances de pesca monitorados (n = 53). As coordenadas geográficas dos locais de pesca onde o equipamento de MAP foi instalado foram utilizadas para representar os pontos amostrais. A hora completa de monitoramento foi adotada como unidade temporal e para cada uma, foi contabilizado o número total de cliques individuais classificados como sinais NBHF válidos. Posteriormente, os cliques registrados nas diferentes horas foram somados para cada ponto amostral e padronizados pelo respectivo esforço de monitoramento, por meio da divisão do número total de cliques pelo número total de horas monitoradas no local. A representação foi produzida por meio da simbologia "Mapa de calor" aplicada à camada de pontos no QGIS. Os pontos amostrais foram ponderados pelos valores do campo "cálculo", de forma que locais com maior número de cliques por hora contribuíssem com maior intensidade para a superfície representada. Foi adotado raio de suavização igual a 70 pontos, mantendo-se o valor máximo da renderização no modo automático.

As análises foram realizadas separadamente para os períodos do dia (manhã, tarde, noite e madrugada) e para os períodos climáticos quente e frio. Em cada categoria, foram considerados apenas os cliques e as horas de monitoramento correspondentes ao respectivo intervalo temporal. Para permitir a comparação visual entre os mapas, foram mantidos o raio de suavização, escala cartográfica, gradiente de cores e os mesmos intervalos de classificação. Os valores de intensidade relativa de detecção foram

agrupados em quatro intervalos (0–1.000; 1.001–3.000; 3.001–8.000; >8.001 cliques por hora de amostragem), com o objetivo de padronizar a representação gráfica e permitir a comparação visual entre os períodos do dia e os períodos climáticos. Os valores obtidos foram interpretados como uma medida relativa da atividade acústica registrada em cada área, e não como uma estimativa direta da abundância ou do número de indivíduos presentes (Marques et al., 2013).

3.3.3. Atividade acústica na presença e na ausência das redes de emalhe

As análises estatísticas e a elaboração dos gráficos foram realizadas no R versão 4.5.0 por meio da interface RStudio. Para a comparação dos parâmetros acústicos, foram selecionadas aleatoriamente 50 cadeias de cliques registradas na presença das redes de pesca e 50 cadeias registradas na ausência das redes, totalizando 100 cadeias. A utilização do mesmo número de cadeias em cada tipo de registro permitiu manter o tamanho amostral equilibrado entre os grupos.

Foram analisados os seguintes parâmetros acústicos: duração das cadeias de cliques (Duracao_.s.), número de cliques por cadeia (NofClx), taxa de emissão de cliques (Clx.s), intervalo médio entre cliques (ICI), intervalos mínimo (MinICI_us) e máximo entre cliques (MaxICI_us), frequências mínima (MinF), modal (modalKHz) e máxima (MaxF), além dos níveis médio (avSPL) e máximo de pressão sonora (MaxSPL). Inicialmente, a distribuição dos dados foi avaliada por meio de *boxplots*. Os valores extremos foram identificados separadamente para cada tipo de registro pelo critério de 1,5 vez o intervalo interquartil (Tukey, 1977). Esses valores foram utilizados para a inspeção dos dados, sem exclusão automática das observações.

A normalidade dos parâmetros foi verificada separadamente para cada tipo de registro por meio do teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965). Como os dados não atenderam ao pressuposto de normalidade, as diferenças entre as cadeias registradas nas redes e nas poitas foram avaliadas pelo teste não paramétrico de Wilcoxon para duas amostras independentes (Wilcoxon, 1945). Para cada parâmetro, foram calculadas a mediana e o intervalo interquartil (IQR). O tamanho de efeito das comparações foi estimado por meio da medida *r* associada ao teste de Wilcoxon (Rosenthal, 1991). Como foram avaliados 11 parâmetros acústicos, os valores de p foram ajustados pelo método de

Holm (Holm, 1979), reduzindo a probabilidade de ocorrência de resultados significativos devido a múltiplas comparações. Foi adotado o nível de significância de 5% para todas as análises.

3.3.4. Declaração de uso de inteligência artificial

Durante a elaboração desta dissertação, foi utilizada a ferramenta de inteligência artificial generativa ChatGPT (OpenAI, GPT-5.5) como apoio à organização e revisão da redação, à estruturação do texto, ao levantamento inicial de referências, ao esclarecimento de dúvidas relacionadas à programação, à organização dos scripts e à interpretação das análises estatísticas e dos resultados. A ferramenta não foi utilizada para coletar, gerar, modificar ou analisar autonomamente os dados da pesquisa. Todas as análises foram executadas pela autora, que também realizou a conferência dos resultados, a validação dos scripts e das referências consultadas, sob orientação do orientador. A responsabilidade pelas decisões metodológicas, pelas interpretações apresentadas e pelo conteúdo final da dissertação é integralmente da autora.

4. Resultados

No total, 53 lances foram realizados com os equipamentos de MAP acoplados a redes de pesca, totalizando 1.114 horas de monitoramento acústico passivo. Foram detectados sinais acústicos característicos de toninhas (NBHF) em 323 horas, correspondendo a 28,99% do esforço total amostrado. A proporção de horas com presença acústica em cada período do dia, foi observada com maior frequência temporal de detecção durante a tarde (33,9%), seguida pela noite (30,7%), madrugada (26,4%) e manhã (23,3%) (Tabela 3). Ao todo, foram identificadas 42.368 cadeias de cliques de ecolocalização nas proximidades das redes de emalhe. A intensidade total de atividade acústica registrada, expressa pelo número de cadeias de cliques, variou entre os períodos do dia, com maior número de registros durante a noite (15.837 cadeias), seguida pela madrugada (10.616 cadeias), tarde (8.812 cadeias) e manhã (7.103 cadeias).

Tabela 3. Esforço amostral e ocorrência acústica de toninhas, considerando o total de horas monitoradas, o número de horas com detecção e a porcentagem de horas com detecção por período do dia.

Período do dia	Horas monitoradas (h)	Horas com detecção (h)	Detecção (%)
Manhã	210h	49h	23,3%
Tarde	286h	97h	33,9%
Noite	312h	96h	30,7%
Madrugada	306h	81h	26,4%
Total	**1114h**	**323h**	**28,99%**

O clima quente foi o período com maior amostragem, totalizando 714 horas (64,09%) de monitoramento, distribuídos em 33 lances de pesca. Nesse período, foram registradas detecções acústicas em 230 horas, correspondendo a uma taxa de detecção de 32,21%. O clima frio, compreendeu 20 lances de pesca, totalizando 400 horas (35,91%). Nesse período, foram registradas detecções em 93 horas, correspondendo a uma taxa de detecção de 23,25% (Tabela 4).

Tabela 4. Esforço amostral, horas com detecção acústica e taxa de detecção por período sazonal.

Estação	Esforço amostral (h)	Esforço (%)	Detecção (h)	(%)
Quente	714h	64,09%	230h	32,21%
Frio	400h	35,91%	93h	23,25%
TOTAL	**1114h**	**100%**	**323h**	**28,99%**

4.1 Associação das variáveis ambientais no uso de habitat e ocorrência de toninhas em áreas de pesca.

Para analisar a associação das variáveis ambientais sobre a ocorrência das toninhas nas proximidades das redes, foram considerados dados de 39 dias de coleta, totalizando 826 horas de monitoramento, restringindo-se aos períodos em que houve o registro simultâneo e completo das variáveis oceanográficas, a identificação e contabilização da produção pesqueira, garantindo um banco de dados padronizado e sem dados ausentes para a modelagem.

A distribuição da variável resposta indicou dados binários e assimétricos, justificando o uso de modelos binomiais. As análises de correlação indicaram colinearidade moderada a forte entre algumas variáveis ambientais, especialmente entre distância da costa e profundidade (r = 0,74). Variáveis colineares não foram incluídas simultaneamente nos GLMMs.

A inclusão progressiva de variáveis ambientais e de esforço pesqueiro promoveu uma redução consistente dos valores do Critério de Informação de Akaike (AIC), indicando melhora no ajuste dos modelos à medida que novas variáveis explicativas foram incorporadas (Tabela 5). A maior redução ocorreu com a inclusão das variáveis ambientais e das CPUEs das espécies alvo, culminando na seleção de um modelo final que incluiu a hora do dia, a temperatura da água, a transparência e as CPUEs de porquinho, guaivira, pescada e pescada-amarela, o qual apresentou o menor valor de AIC (821,26) e foi considerado o mais parcimonioso.

Tabela 5. Modelos lineares generalizados mistos (GLMMs) utilizados para avaliar a influência de variáveis ambientais e relacionadas à atividade pesqueira sobre a ocorrência acústica de toninhas nas proximidades de redes de emalhe.

Modelo	Variáveis fixas incluídas	df	AIC
M0	Hora	5	841,77
M1	Hora + Temperatura	6	835,89
M2	Hora + Temperatura + CPUE Porquinho	7	834,11
M3	Hora + Temperatura + CPUE Porquinho + Pescada amarela	8	826,50
M4	Hora + Temperatura + CPUE Porquinho + Pescada amarela + Transparência	9	824,26
M5	Hora + Temperatura + CPUE Porquinho + Pescada amarela + Transparência + CPUE Guaivira	10	822,29
M6	Hora + Temperatura + CPUE Porquinho + Pescada amarela + Transparência + CPUE Guaivira + CPUE Pescada	11	821,26

O modelo linear generalizado misto final indicou que a ocorrência de toninhas nas proximidades das redes de emalhe foi influenciada por variáveis ambientais e relacionadas à produção pesqueira (Tabela 6).

Tabela 6. Sumário do modelo linear generalizado misto (GLMM) selecionado com base no menor valor do critério de informação de Akaike (AIC) para explicar a ocorrência de toninhas nas proximidades de redes de emalhe.

Variável	Fator estimado (β)	Erro-padrão	z	p
Intercepto	2,85	2,59	1,10	0,272
Hora do dia[1]	—	—	—	< 0,001***
Temperatura	−0,21	0,10	−2,19	0,029*
Transparência	0,18	0,08	2,30	0,021*
CPUE Porquinho	−530,53	249,35	−2,13	0,033*
CPUE Pescada-amarela	185,67	71,55	2,60	0,009**
CPUE Guaivira	97,60	46,43	2,10	0,036*
CPUE Pescada	56,59	31,36	1,81	0,071·

*****p < 0,001 (evidência muito forte); **p < 0,01 (forte); *p < 0,05 (moderada); ·p < 0,1 (fraca).**

A contribuição global da hora do dia foi avaliada pelo teste da razão de verossimilhança, comparando o modelo final ao modelo equivalente sem essa variável (χ^2 = 17,65; gl = 3; p < 0,001). Como a hora foi representada por uma spline periódica, não existe um único coeficiente β para seu efeito global.

A temperatura da água apresentou relação inversa com a presença de toninhas, com evidência moderada (β = −0,21; p = 0,029), indicando menor probabilidade de ocorrência em temperaturas mais elevadas. A transparência da água apresentou efeito positivo, também com evidência moderada (β = 0,18; p = 0,021), indicando maior probabilidade de ocorrência em ambientes com maior clareza da coluna d'água. Entre as variáveis relacionadas à produção pesqueira, a CPUE de porquinho apresentou relação inversa, com evidência moderada (β = −530,53; p = 0,033), indicando menor probabilidade de ocorrência de toninhas em áreas ou períodos com maior captura dessa espécie. Em contraste, a CPUE de pescada-amarela apresentou relação direta, com evidência forte (β = 185,67; p = 0,009), enquanto a CPUE de guaivira também apresentou relação direta, com evidência moderada (β = 97,60; p = 0,036), sugerindo maior probabilidade de ocorrência de toninhas em áreas ou períodos com maiores capturas dessas espécies. A CPUE de pescada apresentou relação direta, embora com evidência fraca (β = 56,59; p = 0,071), indicando uma tendência de aumento da probabilidade de ocorrência de toninhas com o aumento de sua captura, ainda que com maior incerteza associada a esse efeito (Figura 10). A inclusão da data como efeito aleatório indicou

variação entre os dias de amostragem (variância = 0,75), evidenciando heterogeneidade temporal não explicada pelas variáveis fixas.

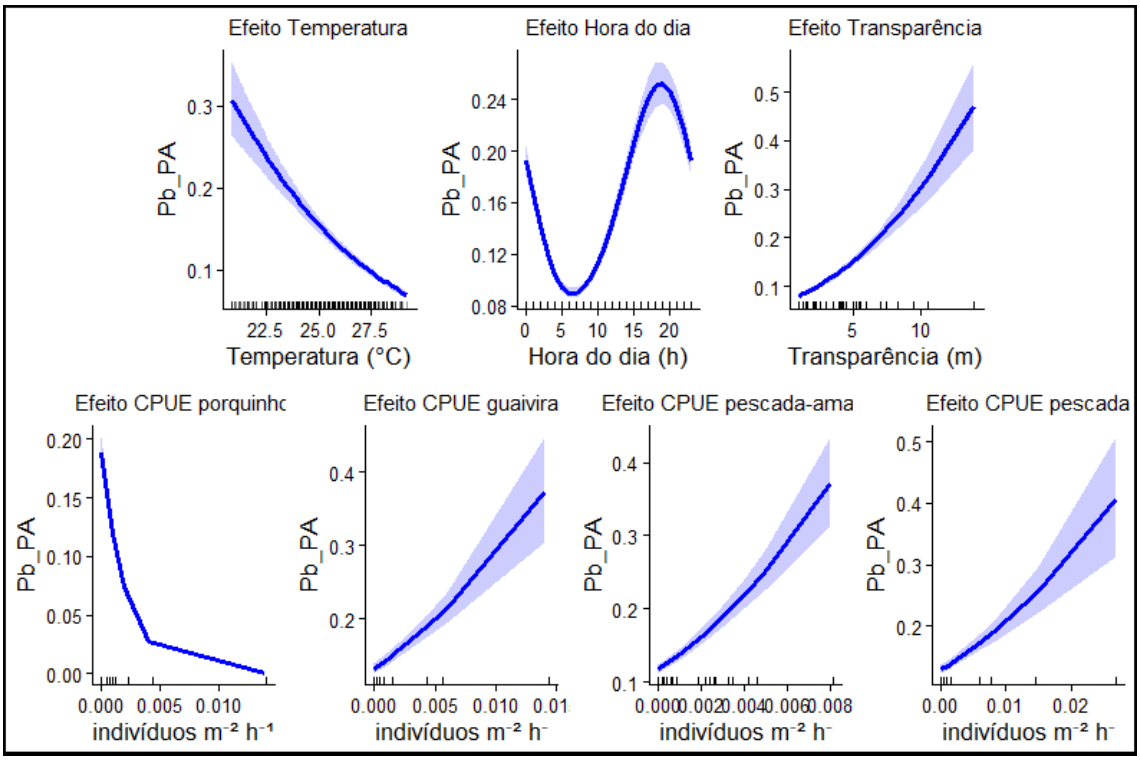


Figura 10. Efeitos parciais estimados pelo modelo linear generalizado misto (GLMM) sobre a probabilidade de detecção acústica de toninhas nas proximidades de redes de emalhe no litoral central de São Paulo. As linhas azuis representam as probabilidades estimadas e as áreas sombreadas, os intervalos de confiança de 95%. As marcas na parte inferior dos gráficos representam a distribuição dos valores observados do preditor no eixo x. O modelo inclui Data como efeito aleatório. CPUE: captura por unidade de esforço (ind. m^{-2} h^{-1}); Pb_PA: probabilidade estimada de detecção acústica de toninhas.

A inspeção dos resíduos simulados pelo pacote DHARMa não indicou desvios significativos de uniformidade (teste de Kolmogorov–Smirnov: $p = 0,796$), problemas de dispersão ($p = 0,864$) ou excesso de valores extremos ($p = 0,553$) (Figura 11). Também não foram observados padrões significativos entre os resíduos e os valores preditos, indicando adequação do ajuste do modelo aos dados.

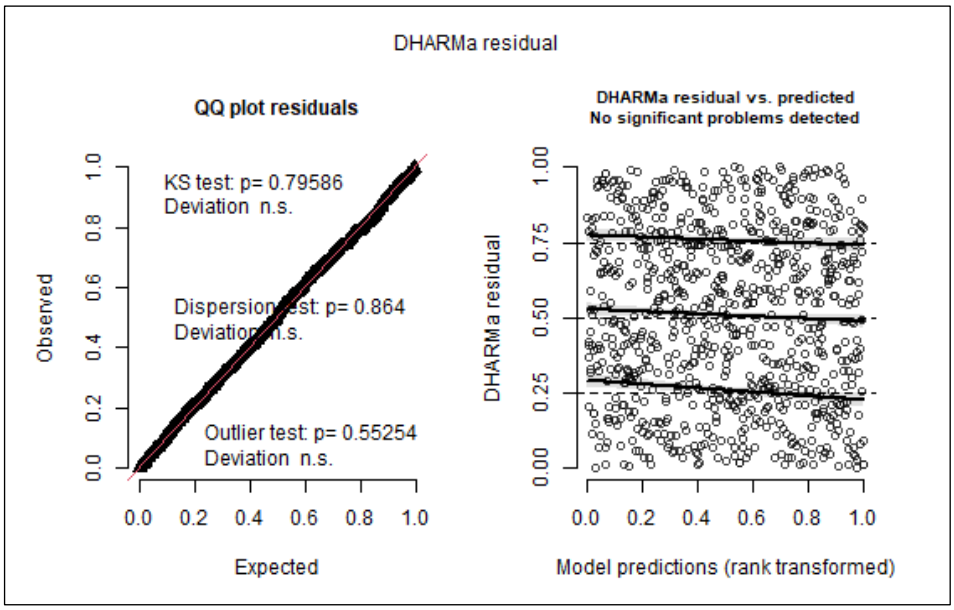


Figura 11. Diagnóstico de resíduos simulados pelo pacote DHARMa a partir das variáveis ambientais incluídas no modelo GLMM.

4.2 Distribuição espacial da intensidade relativa da atividade acústica de toninhas nas áreas monitoradas

Para a análise da distribuição espacial da intensidade relativa da atividade acústica das toninhas, foi considerado o número de cliques totais em cada um dos 53 pontos de pesca, e separados por período do dia, e posteriormente por estação do ano. A média de cliques por período do dia, foi maior à noite (média = 982,65 cliques/h), seguida pela madrugada (média = 672,06 cliques/h), tarde (média = 557,31 cliques/h) e manhã (média = 514,09 cliques/h). Já a média de cliques por estação do ano, demonstrou uma maior frequência nos meses quentes (média = 954,30 cliques/h), seguida pelos meses frios (média = 245,53 cliques/h).

Os resultados indicam a presença das toninhas nos locais de pesca, com maior concentração ao norte e nas proximidades da costa da cidade de Praia Grande durante o período noturno (noite e madrugada), enquanto no decorrer do dia (manhã e tarde) elas se distribuem ao longo da faixa litorânea (Figura 12). Além disso, observou-se que nos meses mais quentes a densidade registrada foi superior àquela verificada nos meses frios (Figura 13).

Durante o período amostral, foram registrados dois eventos de captura acidental de toninhas, ambos em Mongaguá, em redes de fundo grossa com malha de 12 cm monitoradas com C-POD. No primeiro evento, a rede, com 360 m de comprimento, foi instalada às 15h40 de 30/11/2023 e retirada às 08h10 de 01/12/2023 (16h30 na água), na profundidade de 10 m (24°06'22,3" S; 46°35'41,5" O). O indivíduo era um macho de 117,7 cm, e detecções acústicas próximas à rede foram registradas às 16h e 17h de 30/11 e às 3h de 01/12, sem novas detecções até a retirada da rede. No segundo evento, a rede, com 480 m de comprimento, foi instalada às 08h21 de 14/03/2024 e retirada às 10h50 de 15/03/2024 (26h29 na água), na profundidade de 9 m (24°06'11,9" S; 46°36'00,3" O). O indivíduo era um macho de 112,9 cm e estava emalhado no primeiro pano, na extremidade oposta à que continha o C-POD, e a despesca foi iniciada por essa extremidade. Após a instalação da rede, foram registradas detecções às 9h, 12h, 13h, 14h e 15h e entre 18h e 21h de 14/03, e às 6h, 8h e 10h de 15/03, sendo a última cerca de 50 minutos antes da retirada.

Em ambos os eventos, o horário exato do emalhamento não pôde ser determinado, sabendo-se apenas que a captura ocorreu entre a instalação e a retirada da rede. A distância em linha reta entre o local da captura e o C-POD foi de aproximadamente 310 m no primeiro evento e 430 m no segundo. Na inspeção dos registros acústicos correspondentes, não foram identificadas alterações evidentes na atividade acústica ou na organização das cadeias de cliques que pudessem ser associadas aos eventos de captura. Contudo, sem o momento do emalhamento, esses registros, isoladamente, não permitem testar uma resposta acústica associada à captura. A localização dos dois eventos está indicada nos mapas de intensidade relativa acústica de detecções (Figuras 12 e 13a).

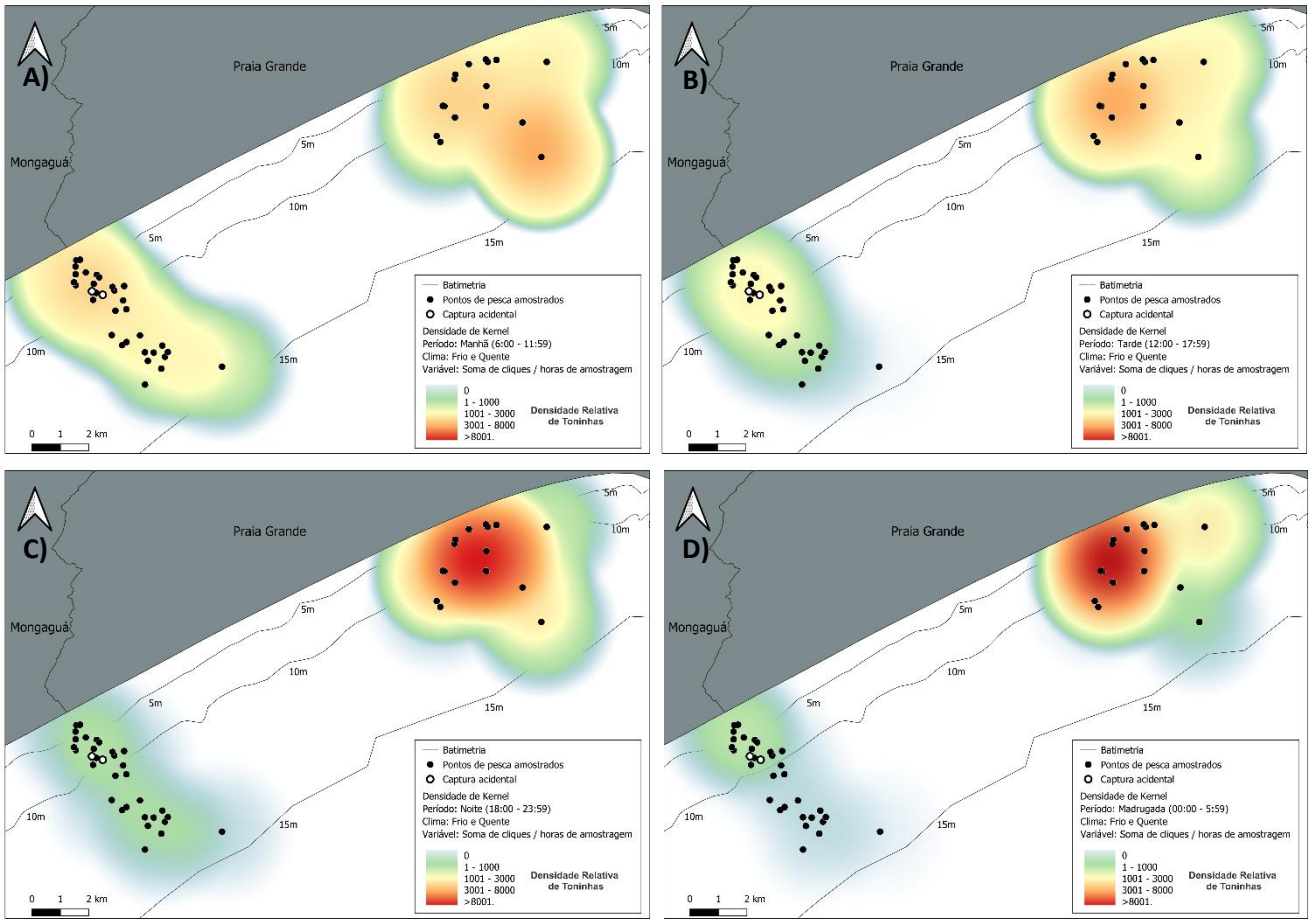


Figura 12. Mapas de calor da intensidade relativa da atividade acústica de toninhas próximas a redes de emalhe na região de Praia Grande e Mongaguá, no litoral centro de São Paulo. A) período da manhã; B) período da tarde; C) período da noite; D) período da madrugada.

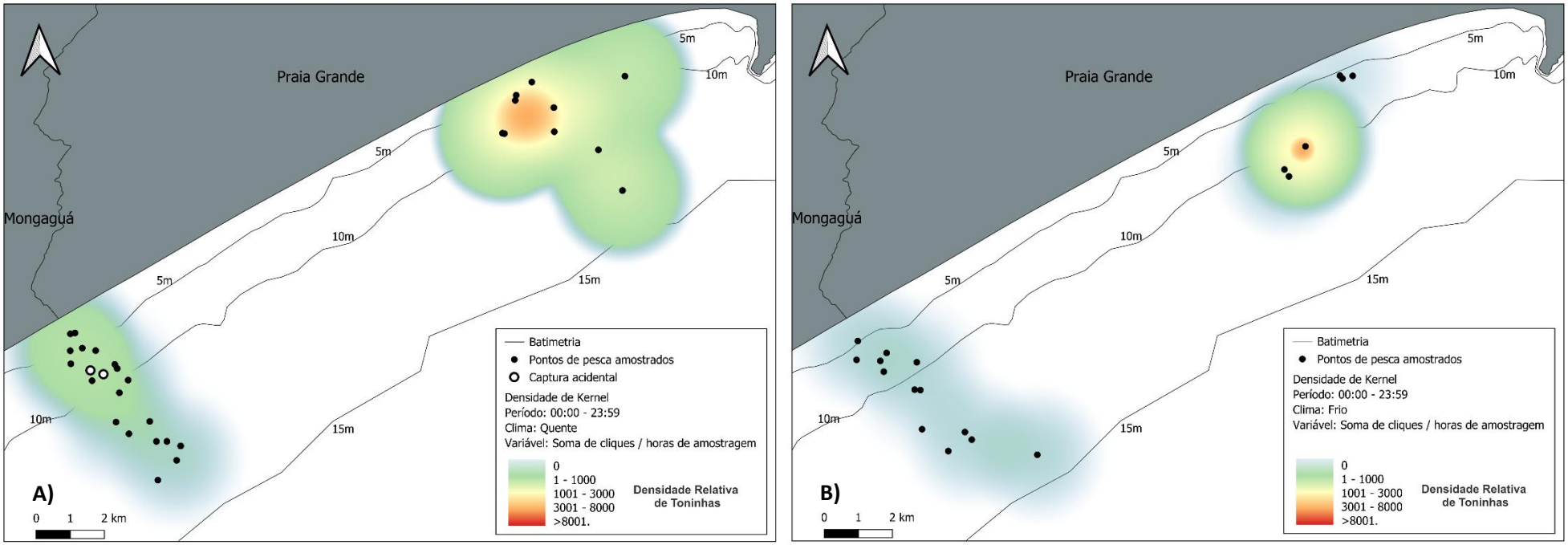
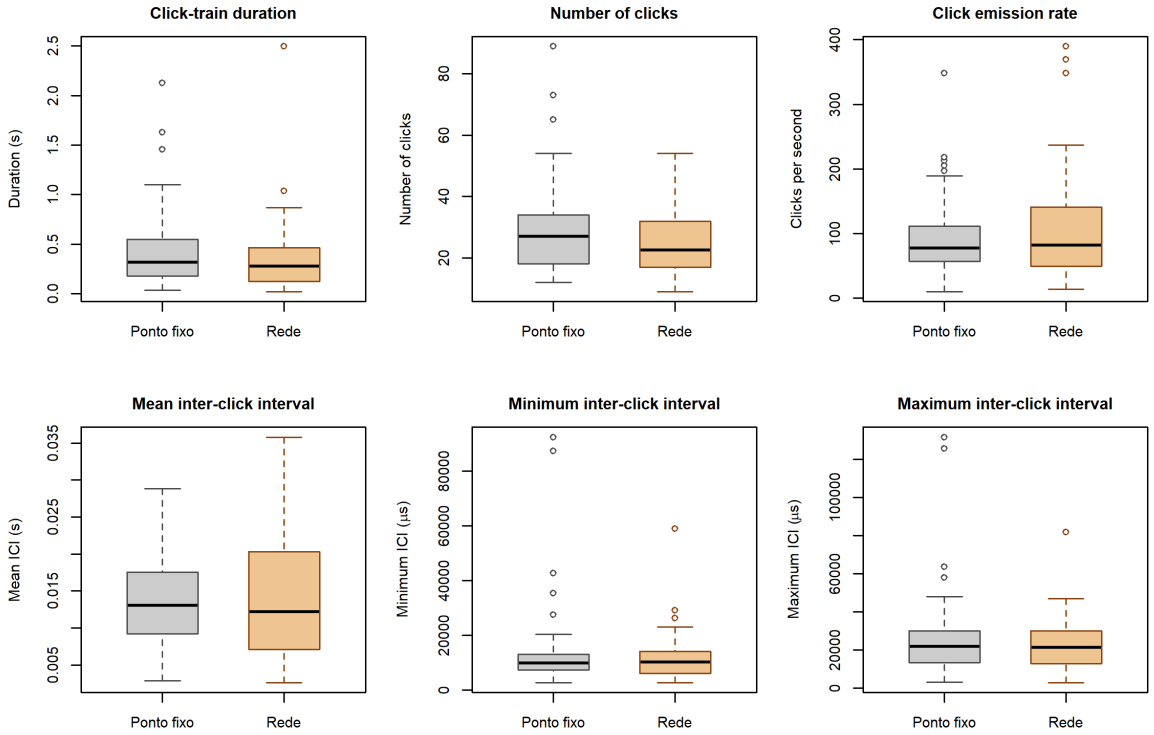


Figura 13. Mapas de calor da intensidade relativa da atividade acústica de toninhas próximas a redes de emalhe na região de Praia Grande e Mongaguá, no litoral centro de São Paulo. A) Clima quente; B) Clima Frio.

4.3 Caracterização dos parâmetros acústicos

Foram analisadas 100 cadeias de cliques, sendo 50 registradas junto à rede e 50 no ponto fixo. A inspeção dos boxplots indicou ampla sobreposição entre as condições para a maioria dos parâmetros temporais e espectrais. As variáveis relacionadas aos intervalos entre cliques, à duração das cadeias, ao número de cliques e à taxa de emissão apresentaram distribuições assimétricas e observações extremas em ambos os grupos. Como essas observações foram consideradas acusticamente plausíveis, elas foram mantidas nas análises (Figura 14).



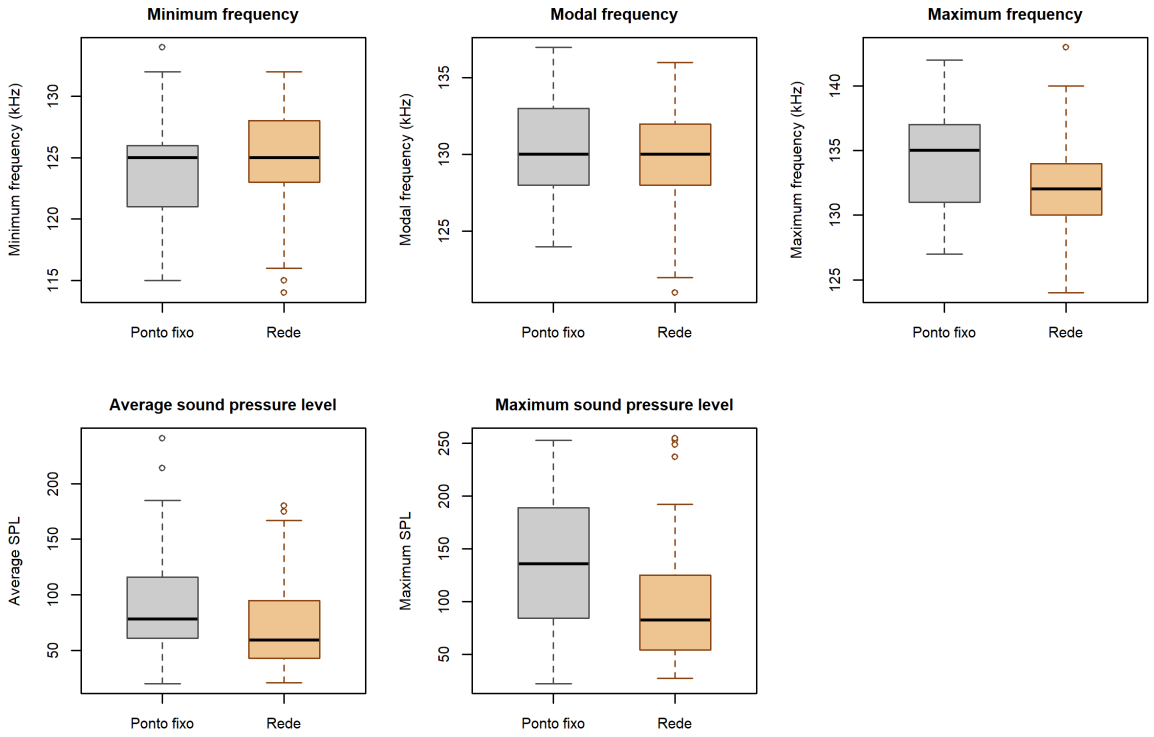


Figura 14. Distribuição dos parâmetros acústicos das cadeias de cliques registradas junto ao ponto fixo e à rede. As linhas centrais representam as medianas, as caixas representam o intervalo entre o primeiro e o terceiro quartis e os pontos externos aos bigodes representam observações sinalizadas pelo critério de 1,5 vez o intervalo interquartil. Todas as observações foram mantidas nas análises.

Entre os parâmetros de intensidade acústica recebida, os valores centrais de avSPL e, principalmente, de MaxSPL foram menores nas cadeias registradas junto à rede. Entre os parâmetros espectrais, as frequências modal e mínima apresentaram valores centrais semelhantes entre as condições, enquanto a frequência máxima apresentou mediana ligeiramente inferior junto à rede.

As comparações entre os registros junto à rede e no ponto fixo foram realizadas separadamente para cada parâmetro acústico. As frequências modal, mínima e máxima apresentaram distribuição compatível com a normalidade nas duas condições avaliadas ($p > 0,05$), e as demais variáveis apresentaram desvios da normalidade em pelo menos uma das condições avaliadas ($p < 0,05$). Diante desse resultado, as comparações entre rede e ponto fixo foram realizadas pelo teste não paramétrico de Wilcoxon.

Foram observadas diferenças entre os registros da rede e do ponto fixo para o SPL médio ($W = 1576$; $p = 0{,}0248$), SPL máximo ($W = 1751$; $p = 0{,}00056$) e frequência máxima ($W = 1576{,}5$; $p = 0{,}0241$). Entretanto, após a correção de Holm, apenas o SPL máximo apresentou diferença estatisticamente significativa entre os locais de registro (p ajustado = 0,0062; r = 0,345), com valores medianos superiores no ponto fixo (135,5 dB re 1 µPa) em relação à rede (82,5 dB re 1 µPa) (Tabela 7).

Tabela 7: Medianas, intervalos interquartis e resultados do teste de Wilcoxon para os parâmetros acústicos das cadeias de cliques registradas junto ao ponto fixo e à rede de emalhe. IQR: intervalo interquartil; W: estatística do teste de soma de postos de Wilcoxon; p: valor de probabilidade; r: tamanho de efeito do teste de Wilcoxon. Os valores de p foram ajustados pelo método de Holm para 11 comparações. Valores em negrito indicam p ajustado < 0,05.

Parâmetro	Ponto fixo, mediana	IQR Ponto fixo	Rede, mediana	IQR Rede	W	p bruto	p Holm	Tamanho do efeito (r)
SPL médio (dB re 1µPa)	78	54,75	59	51,25	1576	0,0248	0,2413	0,225
MaxSPL (dB re 1µPa)	135,5	101,75	82,5	69,50	1751	0,00056	**0,0062**	**0,345**
Frequência modal (kHz)	130	5	130	4	1325,5	0,6033	1,000	0,052
Frequência mínima (kHz)	125	4,75	125	5	1087,5	0,2622	1,000	0,112
Frequência máxima (kHz)	135	6	132	3,75	1576,5	0,0241	0,2413	0,226
ICI (s)	0,0130	0,00813	0,0122	0,0122	1300	0,7329	1,000	0,034
ICI mínimo (µs)	9.875	5.612,5	10.200	7.561,25	1292	0,7748	1,000	0,029
ICI máximo (µs)	21.715	16.630	21.160	16.703,75	1290,5	0,7827	1,000	0,028
Número de cliques (n)	27	15,5	22,5	14,75	1405,5	0,2849	1,000	0,107
Taxa de emissão (cliques·s^{-1})	77	52,25	82	86,5	1200,5	0,7355	1,000	0,034
Duração da cadeia (s)	0,3182	0,3586	0,2775	0,3394	1411	0,2685	1,000	0,111

De forma geral, não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os locais de registro para a maioria dos parâmetros acústicos avaliados. O único parâmetro que apresentou diferença após a correção de Holm foi o SPL máximo, que apresentou tamanho de efeito de magnitude intermediária (r = 0,345).

5. Discussão

Este estudo apresenta uma abordagem integrada do uso de habitat e da distribuição espacial da atividade acústica de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) em áreas de operação de redes de emalhe no litoral central de São Paulo, utilizando o monitoramento acústico passivo (MAP) em áreas de operação de redes de emalhe.

O esforço amostral totalizou 1114 horas de monitoramento acústico, distribuídos em 53 lances de pesca. Nesse período, foram registradas 42.368 cadeias de cliques de ecolocalização, com detecção de toninhas em 28,99% das horas analisadas junto às redes de emalhe. A frequência dessas detecções demonstra que as toninhas ocorreram regularmente nas proximidades das redes monitoradas, evidenciando uma sobreposição espacial e temporal entre a espécie e a operação da pesca de emalhe na região do litoral central de São Paulo. Essa sobreposição amplia as oportunidades de encontro entre as toninhas e os petrechos e, consequentemente, sua exposição potencial ao risco de emalhamento (Bertozzi & Zerbini, 2002; Clay et al., 2018; Giardino et al. 2024; Arrial et al., 2025). Entretanto, a ocorrência acústica nas proximidades das redes não comprova que os animais tenham se aproximado de toda a extensão do petrecho ou interagido diretamente com ele, tampouco que cada ocorrência tenha resultado em risco imediato de captura (Clay et al., 2018; Giardino et al., 2024).

A noite concentrou a maior quantidade de cadeias de cliques (15.837 cadeias) enquanto a tarde apresentou a maior proporção de horas com detecção (97 horas; 33,9%), após a padronização pelo esforço amostral. Essa diferença mostra que as duas medidas representam aspectos distintos. A quantidade de cadeias indica a intensidade dos registros acústicos, enquanto a proporção de horas positivas mostra a frequência com que a espécie foi detectada durante o tempo monitorado (Clay et al., 2018; Paitach et al., 2023). Dessa forma, o maior número de cadeias à noite não indica, necessariamente, que as toninhas

permaneceram mais tempo na área durante esse período. O período quente apresentou maior número absoluto de horas com detecção acústica (32,21%) em comparação ao período frio (23,25%), mesmo após a padronização pelo esforço amostral, indicando maior frequência de ocorrência acústica durante os meses mais quentes.

5.1 Uso de habitat da toninha em áreas de pesca de emalhe

Os locais de pesca monitorados situaram-se entre 5 e 18 m de profundidade, com maior concentração de registros acústicos entre 5 e 15 m e, especialmente, em profundidades de até 10 m. Esse padrão é compatível com a distribuição predominantemente costeira da toninha, cuja ocorrência se concentra sobre a plataforma continental interna, geralmente entre a zona de arrebentação e as isóbatas de 30 a 50 m (Danilewicz et al., 2009; do Amaral et al., 2018; Sucunza et al., 2020; Secchi et al., 2021). Em levantamentos aéreos realizados entre dezembro de 2008 e janeiro de 2009, abrangendo a FMA II entre o sul do Rio de Janeiro e o centro de Santa Catarina, Sucunza et al. (2020) registraram 54 grupos de toninhas em ambientes costeiros rasos, com profundidade média de 7,15 m incluindo concentrações de avistagens entre Peruíbe e Ubatuba.

Entretanto, no presente estudo, a maior concentração de registros em profundidades de até 10 m não deve ser interpretada, isoladamente, como seleção dessa faixa de profundidade. Como os equipamentos acústicos acompanharam as redes de pesca, a distribuição da amostragem esteve condicionada aos locais escolhidos pelos pescadores e a uma faixa batimétrica relativamente restrita, entre 5 e 18 m. Limitação semelhante foi apontada por Arrial (2024), cujo monitoramento acústico também foi realizado em redes de emalhe e apresentou distribuição desigual do esforço entre os locais de pesca, restringindo a interpretação dos padrões espaciais como evidência direta de preferência ou seleção de habitat. Além disso, Danilewicz et al. (2009) observaram, no litoral do Rio Grande do Sul, distribuição relativamente homogênea das toninhas ao longo da faixa de profundidade analisada, sem segregação consistente em relação à idade, ao comprimento corporal, ao sexo ou à condição reprodutiva. Assim, a relação entre ocorrência e profundidade pode variar conforme a disponibilidade de habitats, a configuração da plataforma e as características

ecológicas de cada região (Danilewicz et al., 2009; do Amaral et al., 2018; Sucunza et al., 2020; Arrial, 2024).

O uso de águas costeiras rasas também pode estar relacionado à dinâmica de predação. Danilewicz et al. (2009) levantaram a possibilidade dessas áreas durante períodos reprodutivos esteja relacionado à proteção contra predação, hipótese que pode ser considerada no presente estudo diante da maior ocorrência acústica registrada nos meses mais quentes, coincidentes com o período reprodutivo da espécie. Entretanto, essa relação não é necessariamente direta, uma vez que o risco de predação pode variar de acordo com o predador e com as características do ambiente (Danilewicz et al., 2009). Para a toninha, há registros de predação por orcas no Rio Grande do Sul (Ott & Danilewicz, 1998), no Paraná (Santos & Netto, 2005) e, na Argentina (Padula et al., 2022). Além disso, Danilewicz et al. (2009) destacam que alguns tubarões predadores da espécie também utilizam águas costeiras e turvas.

Outro fator que pode estar relacionado à ocorrência das toninhas nessas áreas é a disponibilidade de presas, uma vez que áreas costeiras podem concentrar juvenis de diferentes espécies de peixes (Favero & Dias, 2015). No litoral paulista, a dieta da espécie é composta principalmente por pequenos peixes ósseos e cefalópodes, incluindo espécies das famílias Sciaenidae, Pristigasteridae e Engraulidae (Campos et al., 2020; Grellet, 2023). Campos et al. (2020) estimaram comprimento médio de aproximadamente 5,25 cm para os peixes consumidos no sul de São Paulo e norte do Paraná. De forma semelhante, na FMA IIb, Grellet (2023) estimou comprimentos médios de 5,70 ± 2,01 cm para os peixes teleósteos e de 5,57 ± 3,18 cm para os cefalópodes, evidenciando o predomínio de presas de pequeno porte na dieta da espécie.

Embora as presas consumidas pelas toninhas sejam predominantemente pequenas, as espécies registradas nas capturas da pesca artesanal não representam necessariamente as classes de tamanho disponíveis como presas para a espécie (Campos et al., 2020). No presente estudo, sua ocorrência apresentou associação positiva com as CPUEs da pescada-amarela (*Macrodon atricauda*) e guaivira (*Oligoplites saurus*), além de uma tendência positiva em relação à CPUE da pescada (*Cynoscion* spp.). Essas espécies fazem parte da fauna costeira e das capturas artesanais do litoral central de São Paulo, onde Sciaenidae e Carangidae estão entre as famílias mais representativas e *M. atricauda* apresenta elevada

importância pesqueira (Motta et al., 2014; Rotundo, 2020). Na Baía de Santos, a distribuição dos cienídeos foi relacionada principalmente à profundidade e à temperatura da água, indicando que esses peixes respondem a gradientes ambientais semelhantes aos considerados no presente estudo (Schmidt & Dias, 2012). Larvas de Sciaenidae, incluindo *Macrodon atricauda*, foram registradas no sistema estuarino e na plataforma continental adjacente, com maior intensidade de desova dos Sciaenidae nos meses mais quentes (Porcaro et al., 2014). Assim, áreas que apresentam condições favoráveis à ocorrência e concentração de peixes de interesse para a pesca podem também apresentar diferentes estágios de desenvolvimento dessas espécies, incluindo indivíduos de menor porte potencialmente disponíveis para as toninhas. Em escala mais ampla, Gómez e Cassini (2015) identificaram a distribuição de *Cynoscion guatucupa* e variáveis ambientais, incluindo a temperatura, entre os preditores da adequação de habitat da toninha.

Entretanto, a CPUE não constitui uma medida direta da disponibilidade de presas para as toninhas, pois também é influenciada por fatores relacionados à atividade pesqueira e à capturabilidade das redes de emalhe (Olin et al., 2016). Por serem artes de pesca passivas, características como o tamanho da malha, a altura, o comprimento da rede, e o tempo de permanência na água, podem influenciar a composição das capturas e as classes de tamanho dos indivíduos capturados (Lucchetti et al., 2020; Marjomäki et al., 2015). Além disso, a escolha dos locais de instalação das redes pode ser direcionada pela ocorrência esperada das espécies-alvo e pelo conhecimento dos pescadores sobre a distribuição dos recursos pesqueiros (Bertozzi & Zerbini, 2002; Silvano & Begossi, 2012; Lima et al., 2017), fazendo com que a distribuição do esforço de pesca não seja necessariamente aleatória (Bender et al., 2014). Portanto, a associação positiva observada entre a ocorrência das toninhas e as CPUEs pode estar relacionada à utilização de áreas que concentram recursos pesqueiros, sem que isso implique necessariamente uma interação trófica direta com as espécies capturadas pela pesca. Uma interpretação semelhante foi apresentada por Arrial (2024), que observou maior ocorrência de toninhas nas proximidades de redes direcionadas à captura de corvina (*Micropogonias furnieri)* em uma área de pesca de pequena escala no sul do Brasil.

Assim como a relação negativa entre a ocorrência das toninhas e a CPUE do peixe-porquinho (*Balistes capriscus*) deve ser interpretada com cautela. As maiores capturas dessa espécie podem ter ocorrido em operações de pesca realizadas em locais com características

diferentes daqueles mais utilizados pelas toninhas, como profundidade e tipo de substrato. O peixe-porquinho é uma espécie demersal, abundante no litoral sudeste do Brasil e explorada comercialmente no estado de São Paulo (Bernardes, 2003). Além disso, não há evidências de uma relação alimentar direta, uma vez que peixes da família Balistidae não estão entre as presas registradas para a dieta da toninha (Tellechea et al., 2017; Campos et al., 2020; Botta et al., 2022; Grellet, 2023). Em conjunto, as relações positivas e negativas encontradas entre a ocorrência das toninhas e as CPUEs dos peixes podem refletir sobreposição ou separação espacial associada às condições ambientais e à distribuição dos recursos pesqueiros, sem representar necessariamente relações tróficas diretas, em consonância com os padrões de adequação de habitat descritos para a espécie (Gómez & Cassini, 2015).

A distribuição da atividade acústica ao longo do dia indicou maior intensidade média de cliques durante a noite (média = 982,65 cliques/h) e a madrugada (média = 672,06 cliques/h). Esse padrão também apresentou uma estrutura espacial, pois os mapas de calor mostraram as maiores concentrações de cliques no extremo norte de Praia Grande, principalmente durante esses dois períodos. Durante a manhã e à tarde, a atividade acústica apresentou menor intensidade nesse setor e uma distribuição mais ampla ao longo da área monitorada. Esses resultados estão de acordo com o efeito da hora estimado pelo modelo, que indicou aumento da probabilidade de detecção no final da tarde e início da noite. Assim, Praia Grande apresentou um núcleo recorrente de atividade acústica, cuja intensidade variou ao longo do ciclo diário.

Estudos realizados em outras regiões também identificaram variações diárias na atividade acústica da toninha. Na Baía Babitonga e na Praia de Itapirubá, área costeira de Santa Catarina, Paitach et al. (2021) encontraram maior probabilidade de ocorrência noturna de cadeias classificadas como *feeding buzzes*. Em Claromecó, na Argentina, Giardino et al. (2023) registraram um aumento da taxa de ecolocalização durante o crepúsculo nas proximidades de redes de emalhe, embora o curto período de amostragem permita apenas uma interpretação preliminar. Arrial (2024), por sua vez, observou detecções durante todo o dia e maior taxa geral pela manhã, mas a maior proporção de cadeias relacionadas ao forrageamento ocorreu à noite, seguida pela tarde.

No presente estudo, a intensificação dos cliques durante a noite e a madrugada pode estar relacionada a mudanças no uso do habitat e na atividade de busca por presas (Paitach et al., 2021, 2023; Dracott et al., 2022). Entretanto, a maior quantidade de cliques não demonstra, isoladamente, que os animais estavam se alimentando, pois também pode refletir deslocamento, exploração do ambiente, variações na taxa de produção dos sinais ou diferenças no número de indivíduos presentes na área de detecção (Marques et al., 2013; Warren et al., 2017; Fleishman et al., 2023). Dessa forma, o forrageamento constitui uma hipótese possível para o padrão encontrado, mas sua confirmação dependeria da análise dos intervalos entre cliques e da identificação das cadeias associadas à aproximação e à tentativa de captura de presas (DeRuiter et al., 2009; Nuuttila et al., 2013).

A concentração noturna de cliques nas proximidades de Praia Grande pode estar relacionada às características ambientais desse setor, especialmente à presença de uma ampla área de costão rochoso. O núcleo identificado situa-se próximo ao maciço Xixová-Japuí, onde está localizado o Parque Estadual Xixová-Japuí, que inclui ambientes costeiros rasos, praias arenosas e costões rochosos, além de apresentar uma ictiofauna diversificada, composta por espécies associadas a diferentes tipos de habitat (Fundação Florestal, 2010). Na Baía Babitonga, Cremer e Simões-Lopes (2008) demonstraram que as toninhas não se distribuem de maneira uniforme, concentrando-se em determinados setores do estuário. Posteriormente, Paitach et al. (2023) identificaram maior uso da região central da baía, especialmente ao redor das ilhas. Nesse ambiente, mudanças no período do dia, no tipo de sedimento e na disponibilidade de presas contribuíram para a estruturação do uso do habitat (Cremer et al., 2012; Paitach et al., 2023). Padrões semelhantes foram registrados em outros cetáceos, como os golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), para os quais áreas recorrentes de concentração foram relacionadas ao forrageamento, à topografia do fundo e às condições locais de circulação da água (Hastie et al., 2004; Bailey & Thompson, 2010). Assim, a ampla área de costão rochoso e a diversidade de habitats no entorno do Parque, podem contribuir para o uso recorrente dessa região pelas toninhas, possivelmente por favorecer a concentração local de presas, e oferecerem ambientes costeiros potencialmente mais protegidos.

A maior ocorrência acústica durante a noite e a madrugada também pode estar relacionada à redução da atividade antrópica nesses períodos. O tráfego de embarcações e o

ruído subaquático podem alterar o deslocamento, o comportamento e a produção de sinais acústicos dos cetáceos (Marley et al., 2017; Erbe et al., 2019). Em golfinhos-nariz-de-garrafa-de-Lahille (*Tursiops truncatus gephyreus*), por exemplo, a presença de embarcações foi associada à redução da taxa de emissão de cliques durante o forrageamento cooperativo (Pellegrini et al., 2021), enquanto para as toninhas-sem-nadadeira-do-Yangtzé (*Neophocaena asiaeorientalis*), a atividade de biossonar foi maior durante a noite e apresentou relação negativa com a intensidade do tráfego de embarcações (Duan et al., 2023). No litoral central de São Paulo, o ruído subaquático próximo ao Porto de Santos foi predominantemente associado às embarcações, que também apresentaram registros acústicos recorrentes no Parque Estadual Xixová-Japuí (Sánchez-Gendriz & Padovese, 2015, 2016). Além disso, a presença da pesca artesanal e a sobreposição regional entre o tráfego marítimo e a distribuição de cetáceos, incluindo a toninha, confirmam a movimentação frequente de embarcações nessa região (Pratezi & Rollo, 2024). Assim, a maior atividade antrópica durante o dia pode ter contribuído para o menor uso das áreas monitoradas ou para a redução da atividade acústica, enquanto a diminuição dessas atividades durante a noite poderia favorecer uma maior atividade acústica nas proximidades das redes.

A intensidade relativa da atividade acústica foi mais intensa nos meses quentes (954,30 cliques/h) do que nos meses frios (245,53 cliques/h), com uma concentração mais ampla de cliques em Praia Grande. Como a intensidade relativa acústica foi padronizada pelas horas de amostragem em cada ponto, esse resultado não se deve apenas ao maior esforço realizado no período quente. Entretanto, a distribuição desigual dos pontos entre as estações exige cautela na comparação. Além disso, a estação não apresentou efeito independente no modelo final. Esse padrão não contradiz o efeito negativo da temperatura observado no GLMM, pois a comparação sazonal descreve a intensidade de cliques entre períodos, enquanto o modelo indicou maior probabilidade de detecção em temperaturas mais baixas dentro da faixa amostrada. Portanto, os resultados mostram maior intensidade da atividade acústica no período quente, mas não demonstram preferência por temperaturas elevadas nem maior abundância de toninhas.

Estudos anteriores mostram que a toninha pode apresentar mudanças sazonais na distribuição, mas não existe um padrão único ao longo de sua área de ocorrência. Sucunza

et al. (2020) registraram concentração de toninhas em habitats costeiros durante o verão na FMA II, na Baía Babitonga, por outro lado, as toninhas utilizaram uma área mais ampla no inverno e mais restrita no verão, possivelmente em resposta às mudanças na disponibilidade de recursos (Paitach et al., 2017). Posteriormente, Paitach et al. (2023) também encontraram maior dispersão no inverno do que na primavera, podendo refletir mudanças no comportamento dos animais e no ciclo reprodutivo já que a primavera foi identificada como o principal período de nascimento da população local, aumentando a importância das áreas utilizadas nessa estação para a proteção de fêmeas e filhotes (Cremer et al., 2013; Paitach et al., 2023). Os nascimentos da toninha concentram-se principalmente na primavera e no verão ao longo de diferentes partes de sua distribuição (Danilewicz, 2003; Secchi et al., 2021). Dessa forma, a maior atividade acústica observada no presente estudo pode refletir uma combinação de fatores relacionados à disponibilidade de recursos, ao uso sazonal do habitat e à dinâmica reprodutiva da espécie na região. No litoral central de São Paulo, a ocorrência de filhotes e indivíduos imaturos já havia sido documentada a partir de registros de capturas acidentais e encalhes (Bertozzi, 2009; Lemes, 2023). Mais recentemente, Gomes (2024) registrou mães acompanhadas de filhotes na Praia do Comandante, na Ponta de Itaipu, próxima ao Canto do Forte, e em áreas adjacentes de Praia Grande entre 7,25 e 9 m de profundidade, confirmando diretamente o uso dessas águas costeiras rasas por grupos compostos por mães e filhotes. O núcleo identificado ao norte está próximo das áreas de ocorrência visual descritas por Gomes (2024) e de setores historicamente associados à pesca e à captura acidental (Bertozzi & Zerbini, 2002; Bertozzi, 2009; Penela, 2023).

No banco de dados analisado por Penela (2023), composto por 24.339 lances realizados pela frota artesanal de Praia Grande entre janeiro de 1999 e dezembro de 2017, foram identificados 191 eventos de captura acidental de toninhas. A comparação desses registros com os mapas de calor do presente estudo, também indicam uma aparente coincidência espacial entre o núcleo de atividade acústica e áreas anteriormente relacionadas à captura da espécie (Bertozzi & Zerbini, 2002; Bertozzi, 2009; Penela, 2023). Além dos registros acústicos e das capturas acidentais, o PMP-BS/SIMBA registrou 1.289 encalhes de toninhas mortas no litoral central de São Paulo entre janeiro de 2020 e março de 2026. Embora o local de encalhe não corresponda necessariamente ao local da morte, a associação entre os registros acústicos, as avistagens, as capturas acidentais e os encalhes destaca a

importância do litoral central de São Paulo para a conservação da espécie, particularmente das águas costeiras de Praia Grande e do entorno do Parque Estadual Xixová-Japuí, unidade de conservação que inclui uma porção marinha protegida (Fundação Florestal, 2010). O uso recorrente de áreas também utilizadas pela pesca aumenta a possibilidade de encontro das toninhas com redes de emalhe, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo da ocorrência da espécie e da atividade pesqueira para orientar medidas de redução das capturas acidentais (Secchi et al., 2021).

Diante disso, diferentes medidas têm sido avaliadas para reduzir a captura acidental de cetáceos. Entre elas estão o uso de alarmes acústicos (pingers), refletores acústicos de baixo custo, como garrafas plásticas acopladas às redes, e restrições espaciais da pesca em áreas de maior risco. Bordino et al. (2002) observaram redução da captura acidental de toninhas em redes equipadas com pingers. Paitach et al. (2022), por sua vez, registraram diminuição da ocorrência acústica das toninhas nas proximidades do dispositivo, indicando uma resposta de afastamento e destacando a necessidade de avaliar possíveis efeitos sobre o uso do habitat. Resultados promissores também foram encontrados para outros pequenos cetáceos: na pesca artesanal do Peru, os *pingers* reduziram em 37% a taxa de captura dos golfinhos das espécies *Delphinus* spp., *Lagenorhynchus obscurus, Tursiops truncatus, Phocoena spinipinnis e Globicephala* spp., sem alterar significativamente a captura das espécies-alvo, enquanto, na Noruega, reduziram em 94% o risco de captura da toninha-do-porto (*Phocoena phocoena*) (Mangel et al., 2013; Moan & Bjørge, 2023). No sul do Brasil, garrafas plásticas utilizadas como refletores acústicos reduziram em 88% a taxa de captura acidental de golfinhos em redes de fundo, sem efeito significativo sobre a captura das espécies-alvo (Sucunza et al., 2026). Medidas espaciais também podem contribuir: na Nova Zelândia, a restrição das redes de emalhe no Santuário de Mamíferos Marinhos da Península de Banks foi associada ao aumento da sobrevivência do golfinho-de-Hector (*Cephalorhynchus hectori*) (Gormley et al., 2012). Para o litoral central de São Paulo, os núcleos de atividade acústica identificados neste estudo podem contribuir para orientar testes locais e medidas de manejo construídas em conjunto com a comunidade pesqueira.

5.2 Parâmetros acústicos e comportamento de toninhas próximo às redes

Os parâmetros registrados foram compatíveis com o padrão acústico conhecido para a toninha, caracterizado por cliques de ecolocalização de banda estreita e alta frequência (NBHF) (Melcón et al., 2012; Paitach et al., 2021). Tanto na presença da rede quanto na sua ausência, a frequência modal apresentou mediana de 130 kHz, enquanto as frequências mínima e máxima permaneceram principalmente entre 125 e 135 kHz. Esses valores foram próximos aos registrados por Paitach et al. (2021) em Santa Catarina e por Lorenzi (2025) no litoral central de São Paulo, utilizando o mesmo modelo de detector acústico. Estudos realizados com gravadores de banda mais ampla também encontraram frequências predominantes próximas ou superiores a 130 kHz (Melcón et al., 2012; Giardino et al., 2024; Bittencourt et al., 2025). Assim, as diferenças existentes entre estudos podem estar relacionadas ao ambiente, ao contexto comportamental e às características dos equipamentos utilizados, mas não comprometem a identificação dos sinais analisados como pertencentes à toninha (Giardino et al., 2024; Bittencourt et al., 2025).

Em relação à estrutura temporal, o intervalo mediano entre cliques (ICI) foi de aproximadamente 13 ms na ausência da rede e 12 ms na presença da rede, enquanto a taxa mediana de emissão foi de 77 e 82 cliques por segundo, respectivamente. Menores intervalos entre cliques representam uma atualização acústica mais rápida do ambiente e podem ocorrer durante a aproximação de alvos, a exploração de áreas complexas ou o forrageamento (DeRuiter et al., 2009; Miller, 2013; Ladegaard & Madsen, 2019). Entretanto, o ICI não permite determinar isoladamente o comportamento realizado, uma vez que sequências com altas taxas de repetição também podem ocorrer em outros contextos, como nas interações sociais e na comunicação (Sørensen et al., 2018). Além disso, detectores estacionários não fornecem informações diretas sobre a trajetória do animal, a presença de presas ou o resultado de uma possível tentativa de captura (Nuuttila et al., 2013; Sørensen et al., 2018; Paitach et al., 2021).

Apesar das pequenas diferenças nos valores medianos, os parâmetros espectrais e temporais apresentaram ampla sobreposição entre na presença da rede, quanto na sua ausência. Após a correção de Holm, não foram encontradas diferenças significativas na frequência modal, nas frequências mínima e máxima, no ICI, na duração das cadeias, no número de cliques ou na taxa de emissão. Portanto, não foi identificada uma mudança consistente na organização espectral ou temporal das cadeias que pudesse ser diretamente

associada à presença da rede de emalhe. Apenas o nível máximo de pressão sonora recebido (SPL máximo) diferiu significativamente, apresentando mediana mais elevada na ausência da rede. Esse resultado não significa necessariamente que as toninhas tenham produzido cliques mais intensos nesse local (Madsen & Wahlberg, 2007; Wahlberg et al., 2011). O valor registrado pelo detector depende da distância do animal, das condições de propagação e da orientação do feixe de ecolocalização em relação ao equipamento (Madsen & Wahlberg, 2007; Wahlberg et al., 2011; Wisniewska et al., 2015). Como os cliques são altamente direcionais, sinais recebidos fora do eixo principal podem apresentar menor amplitude, mesmo quando produzidos com intensidade semelhante (Wahlberg et al., 2011; Wisniewska et al., 2015). Dessa forma, como distância, trajetória e orientação corporal não foram mensuradas, a diferença no SPL máximo não pode ser atribuída diretamente a uma resposta à presença da rede.

A ausência de diferenças na maioria dos parâmetros não significa, entretanto, que as toninhas não tenham detectado a rede. A detecção por ecolocalização depende do material da malha, da distância, do ângulo de incidência do feixe e do ruído ambiental (Au & Jones, 1991; Kastelein et al., 2000; Mooney et al., 2004). Estudos com golfinhos-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) indicaram que esses animais podem detectar redes de emalhe a distâncias suficientes para evitar uma colisão, enquanto as distâncias estimadas para toninhas-do-porto (*Phocoena phocoena*) foram menores, especialmente sob condições de maior ruído, não apresentando uma resposta acústica clara ao aumento da refletividade de redes modificadas (Kastelein et al., 2000; Mooney et al., 2004; Cox et al., 2004). Essa diferença foi relacionada, entre outros fatores, às características e aos níveis de emissão do biossonar de cada espécie (Mooney et al., 2004). Assim como para a própria toninha, redes acusticamente mais refletivas não reduziram significativamente a captura acidental (Bordino et al., 2013).

Durante o presente estudo, ocorreram dois eventos de captura acidental de toninhas nas redes monitoradas. A inspeção dos registros acústicos correspondentes aos lances em que ocorreram as capturas não revelou alterações evidentes na atividade acústica ou na organização das cadeias de cliques que pudessem ser relacionadas a esses eventos. Em Arrial et al. (2025), por outro lado, o animal foi capturado na mesma extremidade da rede em que o C-POD estava instalado, condição que provavelmente favoreceu o registro da atividade

acústica associada ao evento. Os autores observaram intensa atividade acústica e elevada proporção de *burst pulses*, sinais de menor energia e menor alcance de detecção, sugerindo que outros indivíduos permaneceram próximos ao equipamento e poderiam estar apresentando comportamento epimelético, anteriormente sugerido para a espécie no contexto de captura acidental (Cremer et al., 2006). A ausência de alterações evidentes no presente estudo não demonstra que os animais permaneceram silenciosos ou que não detectaram as redes, pois o momento exato do emalhe não foi conhecido e os detectores registram somente os sinais emitidos dentro de seu alcance de detecção (Marques et al., 2013). Além disso, tanto a presença de cliques próximos ao petrecho quanto a ausência de uma mudança acústica evidente não permitem determinar se a rede foi reconhecida pelo animal (Kastelein et al., 2000; Cox & Read, 2004). Dessa forma, os dois eventos reforçam a dificuldade de identificar uma resposta acústica específica das toninhas diante das redes e indicam que O registro dessas respostas pode variar conforme as circunstâncias da captura e a distância entre os animais e o detector.

A capacidade de detectar acusticamente uma rede não significa necessariamente reconhecê-la como obstáculo ou reagir em tempo suficiente para evitá-la (Kastelein et al., 2000; Cox & Read, 2004). Uma possível resposta à rede também pode ter ocorrido por meio de comportamentos não representados pelos parâmetros analisados, como mudança de trajetória, aumento da distância de aproximação, redirecionamento do feixe acústico ou interrupção temporária da emissão (Cox et al., 2004; Koschinski et al., 2006; Wisniewska et al., 2015). Em síntese, as cadeias registradas na presença ou na ausência da rede, apresentaram características semelhantes, e apenas o SPL máximo diferiu entre as condições. Essa diferença isolada, sujeita à influência da distância e da orientação dos animais, não fornece evidência suficiente de uma resposta acústica específica à rede. Portanto, o presente estudo não permite confirmar nem excluir que as toninhas detectem ou reconheçam as redes de emalhe, mas mostra que sua presença não foi acompanhada por uma alteração generalizada nos parâmetros acústicos analisados. A avaliação mais direta dessa hipótese dependeria da associação dos registros acústicos com informações sobre a trajetória, a distância de aproximação e o comportamento dos animais diante da rede (Cox et al., 2004; Koschinski et al., 2006).

6. Considerações finais

Este estudo documentou o uso acústico recorrente das áreas costeiras rasas monitoradas no litoral central de São Paulo. A atividade acústica apresentou maior concentração no extremo norte de Praia Grande, próximo ao Parque Estadual Xixová-Japuí, e uma concentração menos intensa ao sul, próxima à divisa com Mongaguá. A utilização dessas águas pelas toninhas e pela pesca artesanal com redes de emalhe demonstra a sobreposição espacial entre a ocorrência da espécie e a atividade pesqueira, aumentando a possibilidade de encontros com os petrechos e, consequentemente, de capturas acidentais.

A ocorrência acústica apresentou variações ao longo do dia e entre os períodos sazonais, com maior intensidade de cliques durante a noite e a madrugada e nos meses quentes. A ocorrência também esteve associada à temperatura, à transparência da água e às CPUEs de espécies de peixes recorrentes na pesca do litoral central. Essas associações indicam que o uso das áreas monitoradas está relacionado à combinação de condições ambientais, temporais e pesqueiras. Entretanto, os padrões observados representam o período e a faixa de profundidade avaliados e não devem ser interpretados diretamente como maior abundância de indivíduos ou confirmação de atividade de forrageamento.

O monitoramento acústico passivo permitiu registrar a presença das toninhas durante o dia e a noite, inclusive em condições nas quais as observações visuais seriam limitadas. Essa abordagem possibilitou caracterizar a distribuição espacial e temporal da atividade acústica e identificar áreas de uso recorrente próximas às operações de pesca. A proximidade entre essas concentrações e setores historicamente associados à captura acidental reforça a importância do litoral central de São Paulo para o acompanhamento das interações entre toninhas e redes de emalhe.

A ampla sobreposição entre as cadeias obtidas nas condições com e sem rede de emalhe, associada à ausência de diferenças na maioria das variáveis analisadas, mostrou que a presença da rede não foi acompanhada por uma alteração acústica evidente e generalizada. Apenas o SPL máximo diferiu entre as condições, mas esse parâmetro também pode ser influenciado pela distância e pela orientação dos animais em relação ao detector. Da mesma forma, nos dois lances em que ocorreram capturas acidentais, não foram identificadas mudanças acústicas evidentes que pudessem ser relacionadas aos eventos. Assim, nas

condições avaliadas, não foi possível identificar uma resposta acústica específica à presença das redes. Esse resultado não permite, contudo, confirmar ou excluir sua detecção pelas toninhas, pois uma possível resposta pode envolver alterações de trajetória, distância de aproximação ou direcionamento do feixe de ecolocalização, comportamentos que não foram avaliados neste estudo.

Os resultados fornecem subsídios para o desenvolvimento de ações de manejo e conservação da toninha no litoral central de São Paulo. Medidas como alarmes acústicos, modificações destinadas a aumentar a percepção das redes e ações de ordenamento espacial ou temporal da pesca podem ser avaliadas, mas sua eficiência e seus possíveis efeitos devem ser testados nas condições locais antes da implementação. A construção dessas estratégias deve contar com a participação dos pescadores e com políticas públicas que conciliem a conservação da espécie e a continuidade da pesca artesanal.

Estudos futuros devem ampliar a duração e a abrangência espacial do monitoramento para avaliar variações entre anos e compreender melhor a distribuição das toninhas na região. A integração de registros acústicos com observações visuais e monitoramento aéreo por drones, caracterização do ruído subaquático, informações sobre o esforço pesqueiro e registros de captura acidental poderá esclarecer como os animais se aproximam e reagem às redes, incluindo possíveis alterações em seus deslocamentos. Essa abordagem integrada será fundamental para reconhecer situações de maior risco e orientar estratégias de mitigação adequadas à realidade do litoral central de São Paulo.

7. Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1965.

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974. DOI: https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705.

AKAMATSU, T.; WANG, D.; WANG, K.; NAITO, Y. Biosonar behaviour of free-ranging porpoises. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 272, n. 1565, p. 797–801, 2005. DOI: 10.1098/rspb.2004.3024.

ALVES, P. M. F.; ARFELLI, C. A.; TOMÁS, A. R. G. Caracterização da pesca de emalhe do litoral do Estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 1, p. 17–27, 2009.

ARREGUÍN-SÁNCHEZ, F. et al. State of knowledge of the population of the vaquita (*Phocoena sinus*) from the Upper Gulf of California: a bibliometric analysis. **Frontiers in Conservation Science**, v. 5, art. 1480035, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fcosc.2024.1480035.

ARRIAL, L. G. R. **Ocorrência e comportamento acústico de toninhas (*Pontoporia blainvillei*, Gervais & d'Orbigny, 1844) em uma área de pesca de pequena escala no sul do Brasil**. 2024.

ARRIAL, L. G. R.; PAITACH, R. L.; DE CASTILHO, P. V.; CREMER, M. J. Acoustic behavior of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) around a fishing net during a bycatch event. **Marine Mammal Science**, v. 42, n. 1, e70087, 2026. DOI: 10.1111/mms.70087.

AU, W. W. L.; JONES, L. Acoustic reflectivity of nets: implications concerning incidental take of dolphins. **Marine Mammal Science**, v. 7, n. 3, p. 258–273, 1991. DOI: 10.1111/j.1748-7692.1991.tb00101.x.

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

AU, W. W. L.; SIMMONS, J. A. Echolocation in dolphins and bats. **Physics Today**, v. 60, n. 9, p. 40–45, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1063/1.2784683. Acesso em: 2 ago. 2026.

AZEVEDO, A. F. et al. A Franciscana (*Pontoporia blainvillei*) no limite norte do FMA II: encalhes e uso de habitat na Baía da Ilha Grande. **Ciência dos Mamíferos Marinhos**, v. 42, n. 3, e70184, 2026.

BAILEY, H.; THOMPSON, P. Effect of oceanographic features on fine-scale foraging movements of bottlenose dolphins. **Marine Ecology Progress Series**, v. 418, p. 223–233, 2010. DOI: 10.3354/meps08789.

BASSOI, M.; SHEPHERD, J. G.; SECCHI, E. R.; MORENO, I. B.; DANILEWICZ, D. Oceanographic processes driving the feeding ecology of franciscana dolphin off Southern Brazilian coast. **Continental Shelf Research**, v. 201, e104124, 2020. DOI: 10.1016/j.csr.2020.104124.

BENDER, Mariana G. et al. Local ecological knowledge and scientific data reveal overexploitation by multigear artisanal fisheries in the Southwestern Atlantic. **PLoS One**, v. 9, n. 10, p. e110332, 2014.

BERTOZZI, C. P. Interação com a pesca: implicações na conservação da toninha, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae) no litoral do estado de São Paulo, SP. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BERTOZZI, C. P.; ZERBINI, A. N. Incidental mortality of franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in the artisanal fishery of Praia Grande, São Paulo State, Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, p. 153–160, 2002.

BITTAR, V. T.; DI BENEDITTO, A. P. M. Diet and potential feeding overlap between *Trichiurus lepturus* and *Pontoporia blainvillei* in northern Rio de Janeiro, Brazil. **Zoologia**, v. 26, n. 2, p. 374–378, 2009.

BITTENCOURT, L. et al. Acoustic parameter variation and emission patterns in franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) clicking behavior at high frequency. **Frontiers in Marine Science**, v. 12, art. 1641888, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1641888.

BORDINO, P.; KRAUS, S.; ALBAREDA, D.; FAZIO, A.; PALMERIO, A.; MENDEZ, M.; BOTTA, S. Reducing incidental mortality of franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* with acoustic warning devices attached to fishing nets. **Marine Mammal Science**, v. 18, n. 4, p. 833–842, 2002. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2002.tb01076.x.

BORDINO, P. et al. Franciscana bycatch is not reduced by acoustically reflective or physically stiffened gillnets. **Endangered Species Research**, v. 21, n. 1, p. 1–12, 2013.

BOTTA, S.; BASSÓI, M.; TROINA, G. C. Visão geral da dieta franciscana. In: **O golfinho franciscana**. Imprensa Acadêmica, 2022. p. 15–48.

BOTTA, S.; MUELBERT, M. M. C.; SECCHI, E. R. Morphometric relationships of franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea), off Rio Grande do Sul coast, southern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 5, n. 2, p. 117–123, 2006. DOI: 10.5597/lajam00102.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Portaria MMA nº 1.704, de 16 de junho de 2026**. Atualiza a Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2. ed. New York: Springer, 2002. DOI: https://doi.org/10.1007/b97636.

CAMPOS, L. B.; CÉSAR, M.; SANTOS, D. O. Feeding habits of the franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) in south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, p. 1–13, 2020. DOI: https://doi.org/10.1017/S0025315420000120.

CETESB. **Relatório de qualidade das praias litorâneas do Estado de São Paulo – 2022**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2022. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/.

CHELONIA LIMITED. **C-POD User Guide**. 2018. Disponível em: https://www.chelonia.co.uk/wp-content/uploads/2024/11/C-POD-User-Guide.pdf.

CHELONIA LIMITED. **F-POD Software Guide**. 2025. Disponível em: https://www.chelonia.co.uk/wp-content/uploads/2025/08/F-POD-Software-Guide.pdf.

CHELONIA LIMITED. **F-POD Specification**. 2025. Disponível em: https://www.chelonia.co.uk/wp-content/uploads/2025/11/F-POD-Specification-2025.pdf.

CLAY, T. A. et al. Distribution and habitat use of a cryptic small cetacean, the Burmeister's porpoise, monitored from a small-scale fishery platform. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, art. 220, 2018. DOI: https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00220.

COX, S. L. et al. Oceanographic drivers of marine mammal and seabird habitat-use across shelf-seas: a guide to key features and recommendations for future research and conservation management. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 212, p. 294–310, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.06.022.

COX, T. M.; READ, A. J. Echolocation behavior of harbor porpoises *Phocoena phocoena* around chemically enhanced gill nets. **Marine Ecology Progress Series**, v. 279, p. 275–282, 2004. DOI: 10.3354/meps279275.

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

CREMER, M. J.; HARDT, F. A. S.; TONELLO JÚNIOR, A. J. Evidence of epimeletic behavior involving a *Pontoporia blainvillei* calf (Cetacea, Pontoporiidae). **Biotemas**, v. 19, n. 2, p. 83–86, 2006. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/21236

CREMER, M. J.; PINHEIRO, P. C.; SIMÕES-LOPES, P. C. Prey consumed by Guiana dolphin *Sotalia guianensis* and franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* in an estuarine environment in southern Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 102, n. 2, p. 131–137, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S0073-47212012000200003.

CREMER, M. J.; SARTORI, C. M.; HOLZ, A. C.; SCHULZE, B.; SANTOS, N. Z.; ALVES, A. K. M.; PAITACH, R. L. Franciscana strandings on the north coast of Santa Catarina State and insights into birth period. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 133–139, 2013. DOI: https://doi.org/10.5007/2175-7925.2013v26n4p133.

CREMER, M. J.; SIMÕES-LOPES, P. C. The occurrence of *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny) (Cetacea, Pontoporiidae) in an estuarine area in southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, p. 717–723, 2005.

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

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.

CUNHA, H. A. et al. Population structure of the endangered franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*): reassessing management units. **PLoS One**, v. 9, n. 1, e85633, 2014.

CUNHA, H. A. et al. Microscale population structure and kinship analyses suggest philopatry of both sexes in franciscanas (*Pontoporia blainvillei*) (SC/68B/SDDNA/04). In: **68th Annual Meeting of the International Whaling Commission Scientific Committee**, 2020.

DAHNE, M. et al. Methodology and results of calibration of tonal click detectors for small odontocetes (C-PODs). **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 134, n. 3, p. 2514–2522, set. 2013.

DANILEWICZ, D. et al. Report of the working group on biology and ecology. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, p. 25–42, 2002.

DANILEWICZ, D. S. Reproduction of female franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, p. 67–78, 2003.

DANILEWICZ, D.; SECCHI, E. R.; OTT, P. H.; MORENO, I. B.; BASSOI, M.; BORGES-MARTINS, M. 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. DOI: 10.1017/S002531540900054X.

DE GOUVEIA SOUZA, C. R. Praias arenosas oceânicas do estado de São Paulo (Brasil): síntese dos conhecimentos sobre morfodinâmica, sedimentologia, transporte costeiro e erosão costeira. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 308–371, 2012.

DERUITER, S. L.; BAHR, A.; BLANCHET, M.-A.; HANSEN, S. F.; KRISTENSEN, J. H.; MADSEN, P. T.; TYACK, P. L.; WAHLBERG, M. Acoustic behaviour of echolocating porpoises during prey capture. **Journal of Experimental Biology**, v. 212, n. 19, p. 3100–3107, 2009. DOI: 10.1242/jeb.030825.

DI BENEDITTO, A. P. M.; RAMOS, R. M. A. Biology and conservation of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in the north of Rio de Janeiro State, Brazil. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 3, n. 2, p. 185–192, 2001.

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.

DRACOTT, K. et al. Porpoises after dark: seasonal and diel patterns in Pacific harbour porpoise (*Phocoena phocoena vomerina*) aggregations at one of North America's fastest growing ports. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, art. 1010095, 2022. DOI: https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1010095.

DUAN, P.-X.; WANG, Z.-T.; AKAMATSU, T.; TREGENZA, N.; LI, G.-Y.; WANG, K.-X.; WANG, D. Anthropogenic activity, hydrological regime, and light level jointly influence temporal patterns in biosonar activity of the Yangtze finless porpoise at the

junction of the Yangtze River and Poyang Lake, China. **Zoological Research**, v. 44, n. 5, p. 919–931, 2023. DOI: 10.24272/j.issn.2095-8137.2022.504.

DUMELLE, M.; TRANGUCCI, R.; NAHLIK, A. M.; OLSEN, A. R.; IRVINE, K. M.; BLOCKSOM, K.; VER HOEF, J. M.; FUENTES, C. Missing data in ecology: Syntheses, clarifications, and considerations. **Ecological Monographs**, v. 95, n. 4, e70037, 2025. DOI: 10.1002/ecm.70037.

ERBE, C. et al. The effects of ship noise on marine mammals a review. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, art. 606, 2019. DOI: https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00606.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **International Guidelines on Bycatch Management and Reduction of Discards**. Rome: FAO, 2011.

FAVERO, J. M. D.; DIAS, J. F. Juvenile fish use of the shallow zone of beaches of the Cananéia-Iguape coastal system, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63, n. 2, p. 103–114, 2015.

FLEISHMAN, E.; CHOLEWIAK, D.; GILLESPIE, D.; HELBLE, T.; KLINCK, H.; NOSAL, E.-M.; ROCH, M. A. Ecological inferences about marine mammals from passive acoustic data. **Biological Reviews**, v. 98, n. 5, p. 1633–1647, 2023. DOI: 10.1111/brv.12969.

FRAINER, G.; HUGGENBERGER, S.; MORENO, I. B. Postnatal development of franciscana's (*Pontoporia blainvillei*) biosonar relevant structures with potential implications for function, life history, and bycatch. **Marine Mammal Science**, v. 31, n. 3, p. 1193–1212, 2015.

FUNDAÇÃO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Parque Estadual Xixová-Japuí: plano de manejo**. Volume principal. São Paulo: Fundação Florestal, 2010.

GIARDINO, G. V. et al. Acoustic detection of franciscana dolphins near artisanal fishing nets in Argentina. In: **The Effects of Noise on Aquatic Life: Principles and Practical Considerations**. Cham: Springer, 2023. p. 1–12.

GIARDINO, G. V.; COSENTINO, M.; BUSCAINO, G.; BASTIDA, R.; RODRÍGUEZ, D. Acoustic detection of franciscana dolphins near artisanal fishing nets in Argentina. In: POPPER, A. N.; SISNEROS, J. A.; HAWKINS, A.; THOMSEN, F. (eds.). **The Effects of Noise on Aquatic Life: Principles and Practical Considerations**. Cham: Springer International Publishing, 2024. p. 2029–2040. DOI: 10.1007/978-3-031-50256-9_54.

GIARDINO, G. V.; COSENTINO, M.; MACCHI, A. C.; LOUREIRO, J. P.; HEREDIA, S. R.; ALVAREZ, K. C.; MORON, S. G.; RODRIGUEZ, D. H. Detailed comparison of acoustic signals from rehabilitated and wild franciscanas (*Pontoporia blainvillei*) dolphins. **Animals**, v. 14, n. 16, e2436, 2024. DOI: 10.3390/ani14162436.

GOMES, T. R. C. **Ocorrência de pequenos cetáceos ameaçados de extinção em uma unidade de conservação no litoral centro de São Paulo**. 2024. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade de Ambientes Costeiros) – Instituto de Biociências do Campus do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2024.

GÓMEZ, J.; CASSINI, M. Environmental predictors of habitat suitability and biogeographical range of Franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Global Ecology and Conservation**, v. 3, p. 90–99, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.11.007.

GORMLEY, A. M.; SLOOTEN, E.; DAWSON, S.; BARKER, R. J.; RAYMENT, W.; DU FRESNE, S.; BRÄGER, S. First evidence that marine protected areas can work for marine mammals. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, n. 2, p. 474–480, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2012.02121.x.

GRELLET, G. M. **Análise temporal da dieta de toninha (Cetartiodactyla: *Pontoporia blainvillei*) na FMA IIb, sudeste do Brasil**. 2023.

HALL, M. A.; ALVERSON, D. L.; METUZALS, K. I. Captura acidental: problemas e soluções. **Boletim de Poluição Marinha**, v. 41, n. 1–6, p. 204–219, 2000.

HARTIG, F. **DHARMa: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level/Mixed) Regression Models**. R package version 0.1.6, 2018. Disponível em: https://CRAN.R-project.org/package=DHARMa.

HASTIE, G. D.; WILSON, B.; WILSON, L. J.; PARSONS, K. M.; THOMPSON, P. M. Functional mechanisms underlying cetacean distribution patterns: hotspots for bottlenose dolphins are linked to foraging. **Marine Biology**, v. 144, n. 2, p. 397–403, 2004. DOI: 10.1007/s00227-003-1195-4.

HE, P.; CHOPIN, F.; SUURONEN, P.; FERRO, R. S. T.; LANSLEY, J. Classification and illustrated definition of fishing gears. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, n. 672. Rome: FAO, 2021. DOI: 10.4060/cb4966en.

HENNING, B.; CARVALHO, B. S.; PIRES, M. M.; BASSOI, M.; MARIGO, J.; BERTOZZI, C.; ARAÚJO, M. S. Geographical and intrapopulation variation in the diet of a threatened marine predator, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea). **Biotropica**, v. 50, n. 1, p. 157–168, 2018. DOI: 10.1111/btp.12503.

HIGA, A.; HINGST-ZAHER, E.; VIVO, M. D. Size and shape variability in the skull of *Pontoporia blainvillei* (Cetacea: Pontoporiidae) from the Brazilian coast. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, p. 145–152, 2002.

HOLM, S. A simple sequentially rejective multiple test procedure. **Scandinavian Journal of Statistics**, v. 6, n. 2, p. 65–70, 1979.

HOYLE, S. D. et al. Catch per unit effort modelling for stock assessment: a summary of good practices. **Fisheries Research**, v. 269, art. 106860, 2024.

INSTITUTO DE PESCA. **Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira no Estado de São Paulo (PMAP-SP): relatório técnico semestral – dados de 2024**. Santos: Instituto de Pesca, 2025.

JARAMILLO-LEGORRETA, A. M. et al. Decline towards extinction of Mexico's vaquita porpoise (*Phocoena sinus*). **Royal Society Open Science**, v. 6, n. 7, art. 190598, 2019. DOI: https://doi.org/10.1098/rsos.190598.

JOHNSON, M.; MADSEN, P. T.; ZIMMER, W. M. X.; AGUILAR SOTO, N.; TYACK, P. L. Beaked whales echolocate on prey. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 271, supl. 6, p. S383–S386, 2004. DOI: 10.1098/rsbl.2004.0208.

JOHNSON, M.; HICKMOTT, L. S.; AGUILAR SOTO, N.; MADSEN, P. T. Echolocation behaviour adapted to prey in foraging Blainville's beaked whale (*Mesoplodon densirostris*). **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 275, n. 1631, p. 133–139, 2008. DOI: 10.1098/rspb.2007.1190.

JOLLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v. 374, n. 2065, art. 20150202, 2016.

KASTELEIN, R. A.; AU, W. W. L.; DE HAAN, D. Detection distances of bottom-set gillnets by harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). **Marine Environmental Research**, v. 49, n. 4, p. 359–375, 2000. DOI: 10.1016/S0141-1136(99)00081-1.

KASUYA, T.; BROWNELL JR., R. L. Age determination, reproduction, and growth of the Franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei*. **Scientific Reports of the Whales Research Institute**, n. 31, p. 45–67, 1979.

KOSCHINSKI, S.; CULIK, B. M.; TRIPPEL, E. A.; GINZKEY, L. Behavioral reactions of free-ranging harbor porpoises *Phocoena phocoena* encountering standard nylon

and BaSO4 mesh gillnets and warning sound. **Marine Ecology Progress Series**, v. 313, p. 285–294, 2006. DOI: 10.3354/meps313285.

KRATZER, Isabella MF et al. Determination of optimal acoustic passive reflectors to reduce bycatch of odontocetes in gillnets. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, p. 539, 2020.

KREMERS, D. et al. Sensory perception in cetaceans: Part I—Current knowledge about dolphin senses as a representative species. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 4, art. 49, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00049.

LADEGAARD, M.; MADSEN, P. T. Context-dependent biosonar adjustments during active target approaches in echolocating harbour porpoises. **Journal of Experimental Biology**, v. 222, n. 16, jeb206169, 2019.

LIMA, Mauro Sergio Pinheiro et al. The use of Local Ecological Knowledge as a complementary approach to understand the temporal and spatial patterns of fishery resources distribution. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 13, n. 1, p. 30, 2017.

LORENZI, T. A. S. **Bioacústica e padrão de ocorrência de toninha (*Pontoporia blainvillei*) no litoral centro de São Paulo**. 2025.

LUCCHETTI, A. et al. An overview of gill net and trammel net size selectivity in the Mediterranean Sea. **Fisheries research**, v. 230, p. 105677, 2020.

LÜDECKE, D. ggeffects: tidy data frames of marginal effects from regression models. **Journal of Open Source Software**, v. 3, n. 26, art. 772, 2018.

MADSEN, P. T.; PAYNE, R.; KRISTIANSEN, N. U.; WAHLBERG, M.; KERR, I.; MØHL, B. Sperm whale sound production studied with ultrasound time/depth-recording tags. **Journal of Experimental Biology**, v. 205, n. 13, p. 1899–1906, 2002. DOI: 10.1242/jeb.205.13.1899.

MADSEN, P. T.; CARDER, D. A.; BEDHOLM, K.; RIDGWAY, S. H. Porpoise clicks from a sperm whale nose—Convergent evolution of 130 kHz pulses in toothed whale sonars? **Bioacoustics**, v. 15, n. 2, p. 195–206, 2005.

MADSEN, P. T.; WAHLBERG, M. Recording and quantification of ultrasonic echolocation clicks from free-ranging toothed whales. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 54, n. 8, p. 1421–1444, 2007. DOI: 10.1016/j.dsr.2007.04.020.

MADSEN, Peter Teglberg; WISNIEWSKA, D.; BEEDHOLM, Kristian. Single source sound production and dynamic beam formation in echolocating harbour porpoises (Phocoena phocoena). **Journal of Experimental Biology**, v. 213, n. 18, p. 3105-3110, 2010.

MAEDA, Saki et al. Foraging activity of harbour porpoises around a bottom-gillnet in a coastal fishing ground, under the risk of bycatch. **PloS one**, v. 16, n. 2, p. e0246838, 2021.

MANGEL, J. C.; ALFARO-SHIGUETO, J.; WITT, M. J.; HODGSON, D. J.; GODLEY, B. J. Using pingers to reduce bycatch of small cetaceans in Peru's small-scale driftnet fishery. **Oryx**, v. 47, n. 4, p. 595–606, 2013. DOI: 10.1017/S0030605312000658.

MANNOCCI, L. et al. Geographical differences in habitat relationships of cetaceans across an ocean basin. **Ecography**, 2020. DOI: https://doi.org/10.1111/ecog.04979.

MARLEY, S. A.; SALGADO KENT, C. P.; ERBE, C.; PARNUM, I. M. Effects of vessel traffic and underwater noise on the movement, behaviour and vocalisations of bottlenose dolphins in an urbanised estuary. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, art. 13437, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-13252-z.

MARJOMÄKI, Timo et al. Empirical Estimation of Accumulation-Induced Change in Gill Net Catch-ability: Mind the Observation Errors. **The Open Fish Science Journal**, 2015.

MARQUES, T. A.; THOMAS, L.; MARTIN, S. W.; MELLINGER, D. K.; WARD, J. A.; MORETTI, D. J.; HARRIS, D.; TYACK, P. L. Estimating animal population density using passive acoustics. **Biological Reviews**, v. 88, n. 2, p. 287–309, 2013. DOI: 10.1111/brv.12001.

MASS, A. M.; SUPIN, A. Y. Adaptive features of aquatic mammals' eye. **The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology**, v. 290, n. 6, p. 701–715, 2007.

MAUNDER, M. N.; PUNT, A. E. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. **Fisheries Research**, v. 70, n. 2–3, p. 141–159, 2004.

MCKENNA, Megan F. et al. Morphology of the odontocete melon and its implications for acoustic function. **Marine Mammal Science**, v. 28, n. 4, p. 690-713, 2012.

MELCÓN, M. L.; FAILLA, M.; IÑÍGUEZ, M. A. Echolocation behavior of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) in the wild. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 6, p. EL448–EL453, 2012. DOI: 10.1121/1.4710837.

MELCÓN, M. L.; FAILLA, M.; IÑÍGUEZ, M. A. Towards understanding the ontogeny of echolocation in franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Marine Mammal Science**, v. 32, n. 4, p. 1516–1521, 2016.

MELLINGER, D. K. et al. An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans. **Oceanography**, v. 20, n. 4, p. 36–45, 2007. DOI: https://doi.org/10.5670/oceanog.2007.03.

MENDEZ, M. et al. Genetic evidence highlights potential impacts of by-catch to cetaceans. **PLoS One**, v. 5, n. 12, e15550, 2010.

MILLER, L. A.; WAHLBERG, M. Echolocation by the harbour porpoise: life in coastal waters. **Frontiers in Physiology**, v. 4, art. 52, 2013. DOI: https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00052.

MOAN, A.; BJØRGE, A. Pingers reduce harbour porpoise bycatch in Norwegian gillnet fisheries, with little impact on day-to-day fishing operations. **Fisheries Research**, v. 259, art. 106564, 2023.

MOONEY, T. A.; NACHTIGALL, P. E.; AU, W. W. L. Target strength of a nylon monofilament and an acoustically enhanced gillnet: predictions of biosonar detection ranges. **Aquatic Mammals**, v. 30, n. 2, p. 220–226, 2004. DOI: 10.1578/AM.30.2.2004.220.

MOTTA, F. S.; ROSA, M. R.; NAMORA, R. C.; GADIG, O. B. F. Bony fishes (Teleostei) caught by small-scale fisheries off central to south coast of São Paulo State, southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 4, e20140007, 2014. DOI: 10.1590/1676-06032014000714.

MUFF, S.; NILSEN, E. B.; O'HARA, R. B.; NATER, C. R. Rewriting results sections in the language of evidence. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 37, n. 3, p. 203–210, 2022.

NAKAGAWA, S.; FRECKLETON, R. P. Missing inaction: the dangers of ignoring missing data. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 23, n. 11, p. 592–596, 2008. DOI: 10.1016/j.tree.2008.06.014.

NAMORA, R. C.; MOTTA, F. S.; GADIG, O. B. F. Caracterização da pesca artesanal na Praia dos Pescadores, Município de Itanhaém, Costa Centro-Sul do estado de São Paulo. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 42, n. 2, p. 60–67, 2009. DOI: 10.32360/acmar.v42i2.6026.

NARA, L.; CREMER, M. J.; FARRO, A. P. C.; COLOSIO, A. C.; BARBOSA, L. A.; BERTOZZI, C. P.; SECCHI, E. R.; PAGLIANI, B.; COSTA-URRUTIA, P.;

GARIBOLDI, M. C.; LAZOSKI, C.; CUNHA, H. A. Phylogeography of the Endangered Franciscana Dolphin: Timing and Geological Setting of the Evolution of Populations. **Journal of Mammalian Evolution**, v. 29, n. 3, p. 609–625, 2022. DOI: 10.1007/s10914-022-09607-7.

NARA, L.; SECCHI, E. R.; CUNHA, H. A. Divergence, diagnosability, and description of a new subspecies of franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny, 1844). **Journal of Mammalian Evolution**, v. 31, n. 3, 2024. DOI: 10.1007/s10914-024-09718-3.

NIELSEN, Torben P. et al. Swimming patterns of wild harbour porpoises Phocoena phocoena show detection and avoidance of gillnets at very long ranges. **Marine Ecology Progress Series**, v. 453, p. 241-248, 2012.

NORRIS, Kenneth S.; HARVEY, George W. Sound transmission in the porpoise head. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 56, n. 2, p. 659-664, 1974.

NUUTTILA, H. K.; MEIER, R.; EVANS, P. G. H.; TURNER, J. R.; BENNELL, J. D.; HIDDINK, J. G. Identifying foraging behaviour of wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) with static acoustic dataloggers. **Aquatic Mammals**, v. 39, n. 2, p. 147–161, 2013. DOI: 10.1578/AM.39.2.2013.147.

OLIN, M. et al. An evaluation of gillnet CPUE as an index of perch density in small forest lakes. **Fisheries Research**, v. 173, p. 20-25, 2016.

OTT, P. H.; DANILEWICZ, D. Presence of franciscana dolphins (Pontoporia blainvillei) in the stomach of a killer whale (Orcinus orca) stranded in southern Brazil. **Mammalia (Paris)**, v. 62, n. 4, p. 605-609, 1998.

PADULA, Antonella Daira et al. First record of orca predation on franciscana dolphins (Pontoporia blainvillei) in Argentina. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 17, n. 1, p. 68-72, 2022.

PAITACH, R. L.; SIMÕES-LOPES, P. C.; CREMER, M. J. Tidal and seasonal influences in dolphin habitat use in a southern Brazilian estuary. **Scientia Marina**, v. 81, n. 1, p. 49–56, 2017. DOI: 10.3989/scimar.04495.25A.

PAITACH, R. L. Padrões de uso de habitat e comportamento de toninhas: abordagens acústicas para monitoramento e conservação de uma espécie ameaçada. 2021. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

PAITACH, R. L.; MELCÓN, M.; ANDRIOLO, A.; CREMER, M. J. Acoustic repertoire and bioacoustics applications. In: SIMÕES-LOPES, P. C.; CREMER, M. J. (eds.). **The Franciscana Dolphin: On the Edge of Survival**. London: Academic Press, 2022. p. 175–200. DOI: 10.1016/B978-0-323-90974-7.00001-X.

PAITACH, R. L.; AMUNDIN, M.; KÖNIGSON, S.; CREMER, M. J. Assessing effectiveness and side effects of likely "seal safe" pinger sounds to ward off endangered franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Marine Mammal Science**, v. 38, n. 3, p. 1007–1021, 2022. DOI: 10.1111/mms.12907.

PAITACH, R. L.; BORTOLOTTO, G. A.; AMUNDIN, M.; CREMER, M. J. 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. DOI: 10.3354/meps14249.

PALACIOS, D. M.; BAUMGARTNER, M. F.; LAIDRE, K. L.; GREGR, E. J. Beyond correlation: integrating environmentally and behaviourally mediated processes in models of marine mammal distributions. **Endangered Species Research**, v. 22, p. 191–203, 2013. DOI: https://doi.org/10.3354/esr00558.

PARO, A. D.; ANZOLIN, D.; PAITACH, R. L.; ALVES, A. K. M.; CREMER, M. J.; COUTINHO, R. "Narrow Band High Frequency Echolocation Clicks of Franciscana Dolphins Are Different from Clicks Presumed to be from Dwarf and Pigmy Sperm Whales." In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MASTOZOOLOGIA, 10., 2019, Águas de Lindóia, SP. **Livro de resumos do X Congresso Brasileiro de Mastozoologia**. Águas de Lindóia, 2019.

PELLEGRINI, A. Y.; ROMEU, B.; INGRAM, S. N.; DAURA-JORGE, F. G. Boat disturbance affects the acoustic behaviour of dolphins engaged in a rare foraging cooperation with fishers. **Animal Conservation**, v. 24, n. 4, p. 613–625, 2021. DOI: 10.1111/acv.12667.

PENELA, G. M. O. **Análise espaço-temporal da captura acidental de toninhas, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea: Pontoporiidae), pela frota pesqueira artesanal da Praia Grande, litoral central de São Paulo**. 2023.

PINEDO, M. C. Development and variation in external morphology of the franciscana, *Pontoporia blainvillei*. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, p. 85–96, 1995.

PORCARO, Renata Roque et al. Spatial and temporal distribution patterns of larval sciaenids in the estuarine system and adjacent continental shelf off Santos, Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 2, p. 149-164, 2014.

PRADERI, R. Comentarios sobre la distribución de *Pontoporia blainvillei* en aguas del Rio de La Plata. In: **REUNIÓN DE TRABAJO DE ESPECIALISTAS EN MAMÍFEROS ACUÁTICOS DE AMÉRICA DEL SUR**, 1., 1986, Buenos Aires. **Actas [...]**. Buenos Aires, 1986. p. 206–214.

PRATEZI, M. R.; ROLLO JR., M. M. Navigating in harmony: Investigating spatial correlations between cetacean distribution and marine traffic in the Santos Basin, Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 255, art. 107266, 2024. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2024.107266.

RAMOS, R. M. et al. Morphology of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) off southeastern Brazil: sexual dimorphism, growth and geographic variation. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, p. 129–144, 2002.

READ, A. J.; DRINKER, P.; NORTHRIDGE, S. Bycatch of marine mammals in US and global fisheries. **Conservation Biology**, v. 20, n. 1, p. 163–169, 2006.

REDFERN, J. V. et al. Techniques for cetacean–habitat modeling. **Marine Ecology Progress Series**, v. 310, p. 271–295, 2006.

RODRÍGUEZ, D.; RIVERO, L.; BASTIDA, R. Feeding ecology of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in marine and estuarine waters of Argentina. 2002.

ROTUNDO, M. M. Aspectos estruturais e funcionais da comunidade de peixes demersais da Baía de Santos – SP. 2020. Tese (Doutorado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020.

SÁNCHEZ-GENDRIZ, I.; PADOVESE, L. R. Underwater sound pressure levels at Santos Harbor: a representative sample of forty-five days. In: IEEE/OES ACOUSTICS IN UNDERWATER GEOSCIENCES SYMPOSIUM (RIO ACOUSTICS), 2015, Rio de Janeiro. **Proceedings [...]**. Rio de Janeiro, 2015. p. 1–4. DOI: 10.1109/RIOAcoustics.2015.7473600.

SÁNCHEZ-GENDRIZ, I.; PADOVESE, L. R. Underwater soundscape of marine protected areas in the south Brazilian coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 105, n. 1, p. 65–72, 2016. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.02.055.

SANTOS, MC de O.; NETTO, Denis Ferreira. Killer whale (Orcinus orca) predation on a franciscana dolphin (Pontoporia blainvillei) in Brazilian waters. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, p. 69-72, 2005.

SCHMIDT, T. C. D. S.; DIAS, J. F. Pattern of distribution and environmental influences on the Scienidae community of the Southeastern Brazilian coast. **Brazilian**

Journal of Oceanography, v. 60, n. 2, p. 233–243, 2012. DOI: 10.1590/S1679-87592012000200013.

SECCHI, E. R.; OTT, P. H. A profundidade como um fator determinante da distribuição de toninhas, *Pontoporia blainvillei*, conforme indicado pelos índices de CPUE. In: UNEP/CMS (ed.). **Report of the Third Workshop for Coordinated Research and Conservation of the Franciscana Dolphin (*Pontoporia blainvillei*) in the Southwestern Atlantic**. Bonn: UNEP/CMS, 2000. p. 55–57.

SECCHI, E. R.; DANILEWICZ, D.; OTT, P. H. Applying the phylogeographic concept to identify franciscana dolphin stocks: implications to meet management objectives. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 5, n. 1, 2003. DOI: https://doi.org/10.47536/jcrm.v5i1.827.

SECCHI, E. R. Life history and ecology of Franciscana, *Pontoporia blainvillei* (Cetacea, Pontoporiidae). In: **Biology, Evolution and Conservation of River Dolphins within South America and Asia**. New York: Nova Science Publishers, 2010. p. 301–321.

SECCHI, E. R.; CREMER, M. J.; DANILEWICZ, D.; LAILSON-BRITO, J. A synthesis of the ecology, human-related threats and conservation perspectives for the endangered franciscana dolphin. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, art. 617956, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fmars.2021.617956.

SECCHI, E. R.; MONTEIRO, D.; CLAUDINO, R. Is the franciscana bycatch in gillnet fisheries sustainable? In: SIMÕES-LOPES, P. C.; CREMER, M. J. (org.). **The Franciscana Dolphin**. Academic Press, 2022. p. 127–148.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3–4, p. 591–611, 1965. DOI: 10.1093/biomet/52.3-4.591.

SICILIANO, S. Review of small cetaceans and fishery interactions in coastal waters of Brazil. **Report of the International Whaling Commission**, v. 15, p. 241–250, 1994.

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 hábitats e fatores de isolamento das populações. **Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia**, n. 476, p. 1–15, 2002.

SILVANO, Renato AM; BEGOSSI, Alpina. Fishermen's local ecological knowledge on Southeastern Brazilian coastal fishes: contributions to research, conservation, and management. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 1, p. 133-147, 2012.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE MONITORAMENTO DA BIOTA AQUÁTICA (SIMBA). Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática. Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS). Disponível em: https://simba.petrobras.com.br/simba/web/. Acesso em: 31 jul. 2026.

SØRENSEN, P. M.; WISNIEWSKA, D. M.; JENSEN, F. H.; JOHNSON, M.; TEILMANN, J.; MADSEN, P. T. Click communication in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, art. 9702, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-28022-8.

SUCUNZA, F. et al. Distribution, habitat use, and abundance of the endangered franciscana in southeastern and southern Brazil. **Marine Mammal Science**, v. 36, p. 421–435, 2020. DOI: https://doi.org/10.1111/mms.12650.

SUCUNZA, F.; BARTH, A.; DANILEWICZ, D.; DOLMAN, S.; VON FERSEN, L.; LARRE, G. G.; MANGEL, J. C.; OTT, P. H.; ALFARO-SHIGUETO, J.; TEMPLE, A. J.; TREGENZA, N.; BERGGREN, P. Evidence of dolphin bycatch reduction with upcycled plastic bottles acoustic reflectors attached to bottom-set gillnets. **Marine Mammal Science**, v. 42, n. 3, e70189, 2026. DOI: 10.1111/mms.70189.

TELLECHEA, J. S.; NORBIS, W. Sound characteristics of two neonatal franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). **Marine Mammal Science**, v. 30, n. 4, p. 1573–1580, 2014. DOI: 10.1111/mms.12122.

TELLECHEA, J. S. et al. Feeding habits of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*): echolocation or passive listening? **Aquatic Mammals**, v. 43, n. 4, p. 430, 2017.

TODD, N. R. E.; JESSOPP, M.; ROGAN, E.; KAVANAGH, A. S. Extracting foraging behavior from passive acoustic monitoring data to better understand harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) foraging habitat use. **Marine Mammal Science**, v. 38, n. 4, p. 1623–1642, 2022.

TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis**. Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1977.

TURVEY, S. T. et al. First human-caused extinction of a cetacean species? **Biology Letters**, v. 3, n. 5, p. 537–540, 2007. DOI: https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0292.

VALSECCHI, E.; ZANELATTO, R. C. Molecular analysis of the social and population structure of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*): conservation implications. **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 5, n. 1, p. 69–75, 2003.

VERFUß, U. K.; MILLER, L. A.; PILZ, P. K. D.; SCHNITZLER, H.-U. "Echolocation by two foraging harbour porpoises (*Phocoena phocoena*)." **Journal of Experimental Biology**, v. 212, n. 6, p. 823–834, 2009. DOI: 10.1242/jeb.022137.

WADE, P. R. et al. Best practices for assessing and managing bycatch of marine mammals. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, art. 757330, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fmars.2021.757330.

WAHLBERG, M.; JENSEN, F. H.; AGUILAR SOTO, N.; BEEDHOLM, K.; BEJDER, L.; OLIVEIRA, C.; RASMUSSEN, M.; SIMON, M.; VILLADSGAARD, A.; MADSEN, P. T. "Source parameters of echolocation clicks from wild bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus* and *Tursiops truncatus*)." **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 130, n. 4, p. 2263–2274, 2011. DOI: 10.1121/1.3624822.

WANG, W.; YAN, J. Shape-restricted regression splines with R package splines2. **Journal of Data Science**, v. 19, n. 3, p. 498–517, 2021. DOI: https://doi.org/10.6339/21-JDS1020.

WARREN, V. E.; MARQUES, T. A.; HARRIS, D.; THOMAS, L.; TYACK, P. L.; AGUILAR DE SOTO, N.; HICKMOTT, L. S.; JOHNSON, M. P. "Spatio-temporal variation in click production rates of beaked whales: Implications for passive acoustic density estimation." **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 141, n. 3, p. 1962–1974, 2017. DOI: 10.1121/1.4978439.

WARTZOK, D.; KETTEN, D. R. Marine mammal sensory systems. In: REYNOLDS III, J. E.; ROMMEL, S. A. (ed.). **Biology of marine mammals**. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1999. p. 117–175. Disponível em: https://porpoise.org/library/marine-mammal-sensory-systems/.

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. DOI: 10.1111/mms.12010.

WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. New York: Springer-Verlag, 2016.

WILCOXON, F. Individual comparisons by ranking methods. **Biometrics Bulletin**, v. 1, n. 6, p. 80–83, 1945. DOI: https://doi.org/10.2307/3001968.

WILKE, C. O. **cowplot: streamlined plot theme and plot annotations for ggplot2**. R package, 2025.

WISNIEWSKA, Danuta Maria et al. Acoustic gaze adjustments during active target selection in echolocating porpoises. **Journal of Experimental Biology**, v. 215, n. 24, p. 4358-4373, 2012.

WISNIEWSKA, D. M. et al. Range-dependent flexibility in the acoustic field of view of echolocating porpoises (*Phocoena phocoena*). **eLife**, v. 4, e05651, 2015.

WISNIEWSKA, D. M. et al. Ultra-high foraging rates of harbor porpoises make them vulnerable to anthropogenic disturbance. **Current Biology**, v. 26, n. 11, p. 1441–1446, 2016.

ZAPPES, C. A. et al. Áreas sobrepostas utilizadas para pesca artesanal e populações de golfinho-franciscana (*Pontoporia blainvillei*) no Oceano Atlântico Sudoeste. **Sociedade & Natureza**, v. 36, e72021, 2024.

ZERBINI, A. N.; SECCHI, E.; CRESPO, E. A.; DANILEWICZ, D.; REEVES, R. **Franciscana: *Pontoporia blainvillei***. 2017.

ZIMMER, W. M. X. **Passive Acoustic Monitoring of Cetaceans**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511977107.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N. J.; SAVELIEV, A. A.; SMITH, G. M. **Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R**. New York: Springer, 2009.