Diogo Destro Barcellos

Monitoramento acústico passivo: detecção de cetáceos odontocetos no
litoral norte do Estado de São Paulo

Tese apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, no Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Prof. Dr. Marcos César de Oliveira Santos

Orientador

São Paulo
2019

Universidade de São Paulo

Instituto Oceanográfico

Tese de Doutorado

Monitoramento acústico passivo: detecção de cetáceos odontocetos no
litoral norte do Estado de São Paulo

Versão corrigida

Aluno: Diogo Destro Barcellos

Data da defesa: 20 de setembro de 2019

Resultado: Aprovado

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcos César de Oliveira Santos (orientador)

Conceito

Prof. Dr. Marcelo Dottori (IO-USP)

Conceito

Prof. Dr. Arthur Andriolo (UFJF)

Conceito

Prof. Dr. Luciano Martins Verdade (CENA-USP) – via Skype

Conceito

*Vejo o céu
sinto o mar
no vai e vem das ondas
que vão me levar
fico confuso, mas
não vou desistir
Pois tudo isso passa
quando estou perto de ti
Nas noites de lua cheia
viajo nas estrelas
pensamento longe
ao redor da fogueira
o cheiro da mata
a neblina no ar
mergulho nas nuvens
pra te encontrar
no vai e vem no vai e vem
no vai e vem no vai e vem
No vai e vem das ondas que vão me levar
levando para longe pra outro lugar
Vejo o céu
sinto o mar
no vai e vem das ondas
que vão me levar
fico confuso, mas
não vou desistir
Pois tudo isso passa
quando estou perto de ti
no vai e vem no vai e vem
no vai e vem no vai e vem
no vai e vem das ondas que vão me levar
levando para longe pra outro lugar
menina com um quê de mulher
sereia do mar do amor
fez da poesia a canção
e assim me conquistou
no vai e vem no vai e vem
no vai e vem no vai e vem
no vai e vem das ondas que vão me levar*

Rafael Odagui – No vai e vem

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que passaram pela minha vida durante a confecção deste estudo e que contribuíram de alguma maneira para a obtenção deste produto final. Resta-me fazer aqui uma singela homenagem, demonstrando os meus sinceros agradecimentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 (de julho à novembro de 2015); com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq (nº: 163148/2015-5); apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP nº 2011/51543-9) nos cruzeiros oceanográficos para os registros acústicos das espécies de odontocetos e construção da biblioteca de identificação; Projeto Temático Baía do Araçá, financiado pela FAPESP (nº 2011/50317-5) pela aquisição dos equipamentos de pesquisa DSGs; e ao navio de pesquisa “Alucia” (Ocean X) para o registro do repertório acústico dos golfinhos-rotadores (*Stenella longirostris*).

Ao professor e orientador Prof. Marcos César de Oliveira Santos pela excelente orientação em todas as etapas deste trabalho, pelas críticas e sugestões valiosas, e pelos conselhos e direcionamento acadêmico. Não posso deixar de agradecer também pela amizade que ao longo dos anos se estrutura cada vez mais. Eu vou te ver velhinho!

O amor acalma. Agradeço à minha esposa Thioni (imagina só se eu não coloco o nome dela junto com as minhas conquistas!), por toda ajuda e compreensão com as saídas à campo e coleta de dados, e principalmente, por todo companheirismo, atenção e carinho durante esta etapa da minha vida. Sem o apoio da minha sra. não seria possível completar esta jornada da minha vida.

Aos meus pais Rosana e Ronaldo, aos meus avós Olga e Luiz, Yvonne, e ao meu irmão Rodolfo e a Valquíria, por todo apoio, conselhos e incentivos que sempre me deram. Todos vocês são os verdadeiros responsáveis pelo passo inicial à minha carreira profissional. Não posso esquecer-me da ajuda silenciosa, alegre e carinhosa da Minie, nossa eterna cachorra companheira fiel.

Aos meus colegas e ex-colegas de laboratório (Laboratório de Biologia da Conservação de Mamíferos Aquáticos – LABCMA) Giovanna Corrêa e Figueiredo, Aline Boutros de Mello, Julia Molina, Valéria Conversani, Laura Campos, Amanda Martinelli, Beatriz Mattiuzzo, Victor Uber Paschoalini, Ednilson da Silva, Nayara Tannure, Fernando Barbosa, Débora Freitas

e Rodrigo Avelaira. Vocês contribuíram para o meu amadurecimento profissional. Agradeço também pelo clima de cooperação e respeito, o que proporcionou um ambiente adequado ao desenvolvimento das investigações que cada um é responsável.

À ajuda prestada pela Amanda Martinelli e pela Beatriz Mattiuzzo no processo de triagem dos dados para obtenção de assinaturas acústica em tempo recorde, o que auxiliou na composição dos dados presentes e descritos neste estudo.

À Dra. Laura Kloepper pelos primeiros passos e ensinamentos na incrível área da bioacústica. Eu ganhei vida na acústica após efetuar curso ministrado pela Profa. Laura. Agradeço o auxílio na sugestão de montagem do fundeio, técnica de fixação do DSG no fundeio e auxílio na programação.

À Dra. Julie Nicola Oswald por me dar atenção e me ajudar com as minhas dúvidas quanto ao ROCCA. Julie indicou todo o caminho para que os parâmetros acústicos fossem extraídos dos contornos dos assobios. Neste mesmo tocante agradeço ao Dr. Gabriel Melo Alves dos Santos pelas orientações nas descrições dos assobios e na ferramenta “Beluga” e “ARTwarp”.

À Priscila Saviolo, gestora do Parque Estadual da Ilha Anchieta e a equipe da Fundação Florestal desta unidade pela permissão em pesquisar esta região e pelos convites para compartilhar os resultados obtidos aos monitores ambiental voluntários e funcionários da Ilha Anchieta.

Ao laboratório e ao Prof. Dr. Paulo Sumida pela confiança e empréstimo de equipamentos de mergulho utilizados para a manutenção e substituição dos equipamentos de monitoramento acústico passivo. Ao laboratório e ao Prof. Dr. Tito Lotufo pelo empréstimo de cilindros de mergulho. Ao Laboratório de Hidrodinâmica Costeira e ao Prof. Dr. Belmiro de Castro Filho por compartilhar o fundeio de pesquisa localizado no Canal de São Sebastião e permitir que seja anexado no cabo principal do fundeio o equipamento de pesquisa utilizado neste estudo.

Ao Prof. Marcos César de Oliveira Santos, Leonardo Maia, Jacqueline Simões, Alina Pellegrinelli, Érica Donlon, Beatriz Mattiuzzo, Amanda Martinelli, Odair Soares de Abreu, Eduardo Onuma e Joseilto Medeiros de Oliveira, pelo auxílio e companhia nos mergulhos de manutenção do sistema de monitoramento acústico.

À equipe do CEBIMar por me receber em suas instalações em São Sebastião e a ajuda dos técnicos Elso Alvez da Silva, Eduardo Onuma, Joseilto Medeiros de Oliveira e Alex Monteiro, que com grande competência e dedicação auxiliaram na manutenção e no apoio logístico.

À equipe e família da embarcação de pesquisa Veliger II, do IO-USP. Agradecemos aos srs. Oziel, Silvio, Manuel Chen e ao Odair Soares de Abreu, pelo auxílio prestado na logística no Parque Estadual da Ilha Anchieta e na instalação do fundeio. Agradecemos também ao José Luiz pela pilotagem de embarcação de alumínio até o ponto de manutenção do equipamento de pesquisa, e pela alegria e amizade.

Ao Instituto Chico Mendes (ICMBio) pelo uso da embarcação em expedição para registro acústico de *Tursiops truncatus* em São Sebastião.

Ao David Mann da Loggerhead Instruments, empresa dos gravadores autônomos utilizados no presente estudo, pela disponibilidade e agilidade em atender as dúvidas referente às especificações técnicas do equipamento e na reposição dos equipamentos de MAP perdidos durante o doutorado.

À equipe do Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIO – IOUSP), Chico Vicentini pelo auxílio na projeção e montagem de fundeio; Wilson Natal pelo auxílio técnico no equipamento de pesquisa e ao Luisão Maisena pelo auxílio na manutenção do fundeio.

À Society for Marine Mammalogy, ao Bill Rossiter e à Cetacean Society Internacional pelo apoio financeiro para que eu pudesse participar da 22º Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, realizada em novembro de 2017 em Halifax, Canadá.

À Dra. Cecília Amaral e a Dra. Carmen Wongtschowski pela introdução na área de Monitoramento Acústico Passivo através de projeto temático FAPESP (Baía do Araçá).

À equipe da biblioteca do IO-USP, em especial ao Wagner Pinheiro, pelo carisma e atenção, sempre dispostos em ajudar a encontrar referências quando necessário.

À equipe da secretaria de pós-graduação de Oceanografia Biológica, Daniel, Letícia e Ana Paula, excelentes profissionais que sempre esbanjaram simpatia e ágeis na solução dos assuntos burocráticos do programa de pós-graduação.

Aos meus amigos desde a infância e para toda a vida: Danyelle, Alexandre, Gabriel, Bruna, Odaguri, Flávia, Glórinha, Luiz, Gabriel Montagnani (e também meu querido revisor de inglês), Guilherme Montagnani e o Ruinhas. Vocês me ajudaram a manter o equilíbrio e a administrar os desafios com leveza.

Aos meus amigos de tatame e do Jiu Jitsu por me proporcionar força, equilíbrio, sendo a minha válvula de escape em muitos momentos estressantes. Me tornei faixa preta durante o doutorado! Agradeço em especial ao Rodolfo, Clay Bergamo, Ricardinho, Cicero e ao mestre Giba.

A todos vocês, meu muito obrigado!

Prefácio

Desde criança tenho admiração e fascínio pelo mar. Talvez pelo fato de eu me enxergar tão pequeno, e realmente sou, perto da grandiosidade e complexidade de vidas que o mar abriga, a minha paixão e curiosidade aumentou com o passar dos anos. Nas idas e vindas da maré, em 2007 iniciei o curso de Biologia. Tive a minha primeira experiência como pesquisador durante a iniciação científica. Naquela época eu tinha interesse em investigar a biologia natural de peixes e o estágio foi relacionado à identificação do conteúdo estomacal de peixes do estuário de Itanhaém. Os estômagos analisados estavam armazenados em potes com álcool e já haviam sido extraídos dos peixes durante o doutorado da minha primeira orientadora, Dra. Mônica Ponz Louro. Durante o estágio tive o meu primeiro contato com a rotina e metodologia científica. Eu não trabalhei com peixes, mas aprendi muito a identificar fragmentos e resíduos de invertebrados. Foi uma experiência positiva que me aguçou muita curiosidade e serviu de incentivo para a continuação da minha jornada científica.

As minhas primeiras expedições oceanográficas se iniciaram em outubro de 2011, quando ingressei no mestrado relacionado ao crescimento de cefalópodes, pelo Instituto Oceanográfico da USP (IO/USP). Mesmo com pouca experiência, eu me sentia à vontade e realizado quando embarcado. No começo, toda vez que eu retornava de uma missão de “pesca às lulas” eu registrava o episódio vivido em um diário de embarque. Eu acreditava que esta era uma maneira de eternizar os detalhes das experiências vivenciadas. Este hábito foi substituído por registros fotográficos, já que a rotina das atividades desenvolvidas do mestrado me exigia foco e atenção para a leitura de anéis microscópicos de crescimento para estimar a idade de lulas.

A minha primeira disciplina de pós-graduação “Ecologia e História Natural de Cetáceos”, cursada em janeiro de 2012 foi um divisor de águas em minha carreira. O meu conhecimento quanto aos cetáceos era limitado, era baseado em poucas aulas da graduação (entre duas e três aulas), em imagens de documentários e de reportagens de televisão aberta. A minha recordação e emoção ainda é recente das primeiras avistagens do boto-cinza no estuário de Cananeia. Na disciplina, o Prof. Dr. Marcos César de Oliveira Santos, responsável pela disciplina, desembarcou de sua “voadeira” os alunos na praia da Trincheira (Ilha Comprida) e na praia do Pereirinha (Ilha do Cardoso), e todos puderam ver de perto o comportamento de botos-cinza se alimentando muito próximo às margens do estuário. Avistar o comportamento dos botos-cinza e escutar as explanações do especialista descritor daquele comportamento único de parte da população para a região foi surpreendente e motivador. Mas quando o professor

falou que poderíamos escutar os sinais acústicos dos botos foi mais surpreendente ainda! Naquele momento fui apresentado ao equipamento que capta som, o hidrofone, e ao equipamento que registra o som, o gravador acústico. Não somente encantado com a presença tão próxima dos seres até então “místicos”, os botos-cinza, confesso que me emocionei ao ouvir suas emissões. Ainda com o fone calçado em meus ouvidos, novas metas de realizações profissional surgiram em minha mente.

Nesta disciplina eu descobri que eu poderia unir o útil ao agradável, ou seja, juntar o pouco conhecimento que eu tinha em relação à música e investigar a emissão sonora de cetáceos e, de uma maneira ou de outra, estar sempre por perto do mar. Durante a minha adolescência, no conservatório São Marcos, estudei o instrumento musical baixo elétrico. Cheguei a tocar e a fazer apresentações musicais em quatro bandas diferentes. Na minha época de “músico” tive a experiência de fazer gravações em estúdios profissionais dos tipos analógico e digital. Sempre carreguei comigo curiosidades musicais. E quando eu via no estúdio programas e gráficos sonoros, logo pedia orientações para o profissional de estúdio. Eu queria me tornar independente e efetuar as minhas próprias gravações caseiras. De fato, eu tinha um repertório maior quanto ao conhecimento de softwares para gravação e masterização de som, mas a independência e verdadeira compreensão do espectrograma veio somente no doutorado.

Terminei o curso de mestrado no primeiro semestre de 2014, e migrei de uma área de investigação que se tratava do recurso alimentar para muitas espécies marinhas, para investigar a acústica de cetáceos. No mesmo período, efetuei a minha primeira expedição pelo Laboratório de Biologia da Conservação de Mamíferos Aquáticos (LABCMA) com o Prof. Marcos. Nesta expedição, com o apoio da equipe da embarcação do ICMBIO/Alcatrazes, efetuamos gravações com o hidrofone em diversos pontos do Canal de São Sebastião (CSS). Nesta oportunidade pudemos gravar sons subaquáticos próximo a um navio petroleiro, ruído que me assustou e me levou a pensar na audição dos cetáceos. Neste mesmo período, o LABCMA foi convidado para participar do Projeto Temático Biota/FAPESP-Araçá intitulado “Biodiversidade e funcionamento de um ecossistema costeiro subtropical: subsídio para gestão integrada”, aprovado para financiamento pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) no início de 2012.

Com o conhecimento que a região da Baía do Araçá é de grande importância (e.g. econômica, ecológica, recreacional) para a sociedade, mas sujeita a ameaças, e tendo sua qualidade reduzida ao longo do tempo (e.g. proximidade a áreas urbanas, ocupações irregulares, lançamento de esgoto, Porto de São Sebastião e Terminal Petrolífero Almirante Barroso), um

grande desafio estava lançado: Quais espécies de cetáceos fazem uso da região? Sabíamos que quanto mais argumentos fossem construídos em relação à biota residente e ocasional da região da Baía do Araçá, maior a chance de impedir a ampliação e aterramento da baía. Com isto, optamos pelo Monitoramento Acústico Passivo (MAP) para monitorar o uso de área dos cetáceos na região investigada. E esta decisão foi de grande impacto em minha carreira e para o LABCMA. Com pouco conhecimento em relação a acústica marinha e um grande desafio a ser superado, entre 2014 e 2015 fui bolsista FAPESP na categoria de Treinamento Técnico nível II. Naquele período foram realizadas expedições no CSS com o apoio das embarcações e dos técnicos do CEBIMar para identificar o melhor local para fundear os equipamentos de MAP que estavam na época em importação pela FAPESP.

Foi também entre 2014 e 2015 que o meu repertório de avistagens de espécies de odontocetos se ampliou e também quando tive a minha primeira avistagem de baleia. Foi uma baleia-de-Bryde (*Balaenoptera edeni*) próximo ao Arquipélago de Alcatrazes. Durante este período foram realizados alguns embarques científicos pelo LABCMA ao largo da costa do Estado de São Paulo. Nas avistagens, eu fui o responsável pelos registros acústicos das espécies visualmente identificadas. Parte da biblioteca acústica registrada nos embarques científicos estão descritas no presente estudo e serviram de referência para a identificação dos assobios de odontocetos registrados no MAP.

Em 2015 o Prof. Marcos convidou a especialista na área de bioacústica, a Dra. Laura Kloepper, na época pós-doutoranda da University of Massachusetts Dartmouth, para ministrar disciplina de pós-graduação no IO/USP “Tópicos Especiais em Mamíferos Aquáticos”. Esta é uma das disciplinas sob a responsabilidade do Prof. Marcos que considero como outro divisor de águas em minha carreira. Com um curso composto por uma semana de aulas teóricas e uma semana de atividades práticas em campo, os equipamentos de MAP foram retirados das caixas e a metodologia de MAP se tornou aplicável frente a minha pouca experiência e ao meu entendimento da época. Durante a disciplina tive as minhas primeiras vivências com a programação e fundeamento dos equipamentos de MAP. As atividades práticas estavam relacionadas com o uso de quatro gravadores autônomos, um hidrofone e gravador portátil, para o registro e descrição dos sons emitidos pelos *beach hunters* (em língua inglesa), cerca de uma dezena de botos-cinza que desempenham uma estratégia de captura de presas em águas rasas no estuário de Cananeia.

O primeiro experimento de MAP realizado no CSS ocorreu em março de 2015, com o auxílio e experiência da Dra. Laura. Antes disto, o LABCMA efetuou parceria com o

Laboratório de Hidrodinâmica Costeira (LHICO), liderado pelo Prof. Dr. Belmiro de Castro Filho, e com o Laboratório de Instrumentação Oceanográfica (LIO). Esta parceria foi essencial para termos apoio em relação à autorização do Prof. Belmiro para anexarmos o gravador autônomo no fundeio do LHICO e contar com o apoio técnico e profissional do LIO. O MAP se iniciou no CSS em maio de 2015 e permaneceu em atividade até outubro de 2017. O programa de doutoramento no IO/USP se deu início em julho de 2015. No mesmo período eu me reuni com a atual gestora do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), a oceanógrafa Priscila Saviolo, para pedir orientações quanto ao pedido de autorização para desenvolver pesquisa no entorno do PEIA. Nas semanas seguintes eu submeti um projeto de pesquisa na Fundação Florestal, com a proposta da instalação de um fundeio oceanográfico no entorno do PEIA para anexar um gravador acústico autônomo e realizar o MAP de cetáceos. O MAP no PEIA teve início após a aprovação do projeto, em outubro de 2015.

Durante o doutorado foram realizadas em média 20 expedições científicas para a substituição dos gravadores autônomos e manutenção das estruturas e boias dos fundeios. Durante as expedições e os mergulhos autônomos, contou-se com a participação de alunos da graduação, dos técnicos do CEBIMar, dos alunos do LABCMA e do Prof. Dr. Marcos. Em algumas expedições realizadas no CSS, a substituição do equipamento de MAP foi realizada sem a necessidade de mergulho. Embarcados no barco de pesquisa Veliger II, a equipe do LIO efetuava a retirada de toda a estrutura oceanográfica do CSS e o gravador autônomo era anexado ao cabo do fundeio e posteriormente lançado ao mar em mesma posição georreferenciada.

O fazer científico é também constituído por aprendizado durante o processo. Dois equipamentos de MAP foram perdidos por conta da entrada de água no compartimento eletrônico. Estes equipamentos foram repostos pelo fabricante e no projeto do gravador autônomo foram incluídas alterações. Durante o uso do equipamento de MAP, outras situações de atualização do firmware do gravador e reparos foram necessários e ocorreram sempre com o auxílio técnico do fabricante e da equipe do LIO. A interação com o desenvolvedor do equipamento de MAP, Dr. David Mann, foi de relevante importância para a construção do conhecimento detalhado e uso adequado da ferramenta utilizada no doutorado.

Uma terceira disciplina cursada na pós-graduação que merece destaque por ter sido essencial em minha formação acadêmica e desenvolvimento do presente estudo foi “Uso da Linguagem R para Análise de Dados em Ecologia”. Esta disciplina me trouxe recurso teórico e prático para o entendimento dos códigos de linguagem de programação R relacionados ao

classificador *Random Forest*. Com este conhecimento foi possível aplicar no classificador dos assobios apresentados no presente estudo.

O conhecimento relacionado à bioacústica marinha começou a ser compartilhado com a sociedade. Durante o doutorado foram proferidas doze palestras em universidades, escolas públicas de ensino regular e para voluntários do PEIA, ministrados quatro minicursos e coordenada uma oficina em semanas temáticas de biologia e oceanografia. A participação em eventos científicos regionais foram oportunidades para eu estudar mais, enriquecer o material trabalhado durante as elucidações didáticas e foram importantes para se criar experiência na regência e oratória de aulas.

Em 2017 tive a oportunidade de participar do projeto “Uso de área e interações ecológicas de golfinhos-rotadores no Arquipélago de Fernando de Noronha e montes submersos locais: um *hotspot* de diversidade biológica”. Foram realizadas duas expedições oceanográficas com quinze dias de duração cada uma em parceria do IOUSP com o navio de pesquisa americano M/V Alucia e o Woods Hole Oceanographic Institution dos Estados Unidos. Durante as expedições foram realizados dois fundeios em Fernando de Noronha para anexar os equipamentos de MAP. Foi também utilizado o hidrofone e o gravador acústico portátil para a obtenção das emissões sonoras emitidas pelos golfinhos-rotadores (*Stenella longirostris*). Parte das emissões registradas foram utilizadas para a descrição das características acústicas e composição da biblioteca de identificação do presente estudo. Foi uma experiência incrível participar das referidas expedição para o estudo acústico dos golfinhos-rotadores em um dos locais mais bonitos do Brasil. Na segunda expedição tive a oportunidade de embarcar em um submersível e efetuar um mergulho a 200 metros de profundidade!

Em outubro de 2017 participei da 22nd Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, organizada pela The Society for Marine Mammalogy, ocorrida em Halifax, Canadá. Naquele evento foram submetidos e aprovados quatro resumos. Em um dos resumos, no qual eu fui o primeiro autor, foi apresentada a descrição quantitativa do repertório acústico de alguns dos delfínídeos descritos na presente tese. No evento pude conhecer e conversar com especialistas da área de detecção acústica e avaliar soluções possíveis para identificar as detecções realizadas com o MAP durante o doutorado. Durante o evento participei como ouvinte do workshop “Passive Acoustic Monitoring (PAM) of Marine Mammals”, e foi ali que decidi descrever acusticamente todos os contornos de assobios das gravações da biblioteca de identificação e das detecções presentes no MAP aplicado no CSS e no PEIA.

Após o evento entrei em contato com a Dra. Marie Roch para pedir auxílio para uso da ferramenta que ela desenvolveu com seu grupo de pesquisa, o “Silbido”. Conversamos a respeito do meu projeto de doutorado e possibilidades de soluções para superar o desafio de identificação dos sinais acústicos. Ela me indicou utilizar o módulo ROCCA, do *software* Pamguard. Atualmente o ROCCA possui classificadores para nove espécies de odontocetos do Oceano Pacífico Temperado e do Noroeste do Oceano Atlântico. Mesmo que a biblioteca de identificação do detector acústico não seja da mesma bacia oceânica que está se investigando com o MAP, o classificador ROCCA poderia dar um caminho para a identificação dos assobios.

No começo de 2018 entrei em contato com a Profa. Dra. Julie Nicola Oswald, filiada à Universidade de St. Andrews, Escócia. A Dra. Julie é uma das desenvolvedoras do ROCCA e é uma pesquisadora de referência para a área de descrição de sinais acústicos e de identificação de espécies de cetáceos por meio do som. Com as orientações da Dra. Julie pude ajustar os parâmetros do ROCCA e ter domínio da ferramenta para descrever os assobios estudados na presente tese. Em mesmo período foram submetidos dois planos de trabalho nos editais do CNPq e do Santander para doutorado sanduíche, para estágio de seis meses no laboratório da Dra. Julie. As propostas submetidas se tratavam de descrever acusticamente os assobios de odontocetos descritos nesta tese; aprendizado e treinamento especializado da ferramenta ROCCA; refinamento na análise dos dados coletados; interação com outros estudantes do laboratório de pesquisa; possibilidade na criação de detectores acústicos para espécies do Oceano Atlântico Sul e incluir o classificador no ROCCA; e aprimoramento da língua inglesa. Infelizmente os meus projetos não foram contemplados nos editais submetidos. As dúvidas e os desafios que sozinho eu não conseguiria superar foram compartilhados com pesquisadores de diferentes realidades e experiências na área de MAP e em classificadores acústicos, de outros países e brasileiros como a Dra. Renata Santoro de Sousa Lima Mobley, o Dr. Artur Andriolo, e o Dr. Gabriel Melo Alves dos Santos. A interação com diferentes pesquisadores foi muito importante para dar direcionamento e amadurecimento em minha carreira científica.

Em dezembro de 2018 o LABCMA implantou o sistema de MAP (fundeios e gravadores autônomos) para avaliar o uso de área de cetáceos e as influências antrópicas no Arquipélago de Alcatrazes. Em janeiro de 2019 na Ilha das Cabras, Ubatuba, foi instalado um fundeio e um gravador autônomo para monitorar o uso de área e descrever o repertório acústico de toninhas (*Pontoporia blainvillei*). Desde que aprendi a ferramenta de MAP tenho contribuído em novos projetos do LABCMA e aplicado o conhecimento e experiência desenvolvidos nesta tese.

Muitas atividades foram desenvolvidas durante o doutorado. O trabalho apresentado representa muito para mim, não apenas pelas viagens a campo, pelos diversos mergulhos e embarques realizados, por ter conhecido muitas pessoas e bons amigos. Sou muito grato e reconheço a energia e empenho dos professores e pesquisadores que colaboraram com o meu amadurecimento científico. Por vocês tenho profunda admiração e saibam que as ações de vocês me inspiram. Agradeço ao meu orientador, familiares e todos que me apoiaram nesta jornada. Eu espero que este documento reflita o meu empenho e que o conhecimento aqui elucidado possa colaborar na conservação dos cetáceos por meio da acústica.

Resumo

Algumas espécies de cetáceos produzem sons identificáveis proporcionando uma oportunidade de utilizar métodos de monitoramento acústico passivo (MAP) para avaliar aspectos ecológicos. Este estudo teve como objetivo desenvolver um protocolo de monitoramento acústico passivo e executar um primeiro passo no estabelecimento de uma biblioteca de assobios de odontocetos capaz de identificar os eventos de detecção de odontocetos registrados acusticamente na costa norte do Estado de São Paulo. Entre 2012 e 2019 na costa do Estado de São Paulo e em Fernando de Noronha foram registradas gravações de emissões sonoras com confirmação visual das seguintes espécies de cetáceos odontocetos: golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus* (Tt), orcas, *Orcinus orca* (Oo), golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris* (Sl), botos-cinza, *Sotalia guianensis* (Sg) e golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis* (Sf). Dessas gravações foram extraídos sete parâmetros acústicos de 967 assobios para compor uma biblioteca de identificação. Entre maio de 2015 e setembro de 2017 no Canal de São Sebastião (CSS), e entre outubro de 2015 a outubro de 2017 no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), foram realizadas gravações em taxa de amostragem de 96 kHz com gravadores autônomos. As assinaturas acústicas de cetáceos foram identificadas após inspeção visual em espectrograma. Foram identificados 30 eventos de detecção de odontocetos no CSS e 137 detecções no PEIA. Parâmetros acústicos foram analisados dos 5.644 assobios registrados no MAP. O PCA foi utilizado para as análises plotadas com as médias dos parâmetros acústicos dos assobios das cinco espécies em relação aos assobios de cada evento de detecção. Simultaneamente foi considerada a previsão do modelo de classificação *Random Forest* (RF) para identificação das espécies. Os valores dos parâmetros acústicos de cada assobio descrito da biblioteca de identificação foram utilizados para treinar o modelo RF. A análise multivariada de RF apresentou 64% de precisão nas previsões de identificação das espécies-alvo. As variáveis mais importantes elencadas pelo classificador foram na sequência: duração, e as frequências final, mínima, central e a largura de banda. O melhor classificador de espécie RF foi para *S. guianensis*, com 91% de acertos nas previsões do modelo. O banco de dados de detectores acústicos foi enriquecido com 3.274 assobios de *S. guianensis* e 12 assobios de *S. frontalis* identificados nos eventos de detecção do MAP. O novo modelo RF apresentou 89% de precisão nas previsões do modelo e aumentou a precisão de identificação de *S. guianensis* para 98%. Com este primeiro passo dado se pavimenta uma importante avenida para aprimorar e expandir o uso do MAP para detecção de cetáceos na costa sudeste do Brasil.

Palavras-chave: Monitoramento acústico passivo, *Sotalia guianensis*, *Orcinus orca*, *Tursiops truncatus*, *Stenella frontalis*, *Stenella longirostris*, odontocetos, assobios, detector acústico.

Abstract

Some species of cetaceans make sounds to provide an opportunity to use passive acoustic monitoring (PAM) to assess ecological aspects. The aim of this study was to develop a passive acoustic monitoring protocol and to perform a first step to establish a library of odontocete whistles capable of identifying acoustically recorded odontocetes detection events on the north coast of the State of São Paulo, Brazil. Between 2012 and 2019 in the coast of São Paulo state and in Fernando de Noronha, it was made acoustic recordings with visual confirmation of the following species of toothed whales: bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, orcas, *Orcinus orca*, spinner dolphins, *Stenella longirostris*, Guiana dolphins, *Sotalia guianensis* (Sg) and Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* (Sf). Seven acoustic parameters of 967 whistles were extracted to compose an identification library. Between May of 2015 and September of 2017 in the São Sebastião Channel (CSS), and between October of 2015 and October of 2017 in the State Park of Anchieta Island (PEIA), recordings with 96 kHz sampling rate were realized with automatic records. Whistles signatures of odontocete were identified in spectrogram. We identified 30 detections event in CSS and 137 in PEIA. Acoustic parameters were analyzed from 5,644 whistles recorded with PAM. The PCA was used for the analyzes plotted with the mean acoustic parameters of the whistles of the five species in relation to the whistles of each detection event. In addition, the Random Forest (RF) classification model was considered for species identification. The values of the acoustic parameters of each whistle described from library identification were used to train the RF model. Multivariate RF analysis showed 64% accuracy in predictions of target species identification. The most important variables for the classification model were in the sequence: duration, and the frequencies final, minimum central and bandwidth. The best RF specie classifier was for *S. guianensis*, with 91% accuracy in the prediction. The acoustic detector database was enriched with 3,274 whistles of *S. guianensis* and 12 whistles of *S. frontalis* identified in the PAM detection events. The RF model updated presented 89 accuracy in the predictions and increased the accuracy of identification of *S. guianensis* to 98%. With this first step, an important avenue is paved to improve and expand the use of PAM for the detection of cetaceans on the southeastern coast of Brazil.

Key-words: Passive Acoustic Monitoring, *Sotalia guianensis*, *Orcinus orca*, *Tursiops truncatus*, *Stenella frontalis*, *Stenella longirostris*, whistles, acoustic detector.

Lista de figuras e tabelas

- Figura 1 – Densidade do tráfego de navios comerciais relacionados com as áreas de estudo: (▲) Canal de São Sebastião (23°49'S, 45°24'O) e (■) Parque Estadual da Ilha Anchieta (23°33'S, 45°04'O) (Marine Traffic, 2019).....42
- Figura 2 – Mapa evidenciando o litoral norte do Estado de São Paulo e os fundeios instalados nas áreas de estudo: (▲) Canal de São Sebastião (23°49'S, 45°24'O) e o (■) Parque Estadual Ilha Anchieta (23°33'S, 45°04'O).....42
- Figura 3 – Estação de pesquisa subaquática no Canal de São Sebastião: representação esquemática do sistema de fundeamento do equipamento de Monitoramento Acústico Passivo.....43
- Figura 4 – Equipamento de Monitoramento Acústico Passivo no Canal de São Sebastião: DSG anexado com abraçadeiras de *nylon* no cabo do fundeio.....43
- Figura 5 – Estação de pesquisa subaquática no Parque Estadual da Ilha Anchieta: representação esquemática do sistema de fundeamento do equipamento de Monitoramento Acústico Passivo.....44
- Figura 6 – Equipamento de Monitoramento Acústico Passivo no Parque Estadual da Ilha Anchieta: DSG anexado com abraçadeiras de *nylon* no cabo do fundeio.....44
- Figura 7 – Exemplos de representação de sons no espectrograma (FFT 1024), onde eixo x representa a duração (s) e o eixo y, frequência (kHz). A: emissão sonora de ictiofauna em frequência abaixo de 1 kHz, entre 1,2 e 1,4 segundos. Esta emissão está destacada em vermelho. B: ruído de embarcação em frequências predominantes abaixo de 15 kHz representadas com linhas horizontais em todo o espectrograma. Esta emissão está destacada em um retângulo vermelho; cliques de ecolocalização são visualizados no espectrograma em barras verticais que abrangem um amplo espectro em frequência, emitidos em curto intervalo de tempo (indicados com uma seta em vermelho); e um assobio ascendente de odontocetos, exibido em 2,45 segundos e indicado dentro de um círculo vermelho.....45
- Figura 8 – Espectrograma do assobio de golfinho-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus* (1024 pontos FFT, janela Hann). Abaixo do espectrograma, contorno tempo-frequência do assobio e as variáveis acústicas extraídas. 1: Frequência Inicial (kHz); 2: Frequência Final (kHz); 3: Frequência Mínima (kHz); 4: Frequência Máxima (kHz); 5: Duração (s)..... 46
- Figura 9 – Número (n) de instalações dos hidrofones no Canal de São Sebastião em relação aos dias de gravações acústicas. A linha do gráfico representa as horas de gravação obtidas pelo hidrofone em relação à programação (n) utilizada para gravação (Tabela 1).....47
- Figura 10 – Dias registrados acusticamente entre maio de 2015 a setembro de 2017 no Canal de São Sebastião.....47
- Figura 11 – Número (n) de instalações dos hidrofones no PEIA em relação aos dias de gravações acústicas. A linha do gráfico representa as horas de gravação obtidas pelo hidrofone em relação à programação (n) utilizada para gravação (Tabela 2).....48
- Figura 12 – Dias registrados acusticamente entre outubro de 2015 a outubro de 2017 no Parque Estadual da Ilha Anchieta.....48

Figura 13 – Detecções de odontocetos no Canal de São Sebastião entre maio de 2015 a setembro de 2017.....	49
Figura 14 – Eventos de detecções (n) de odontocetos no Canal de São Sebastião em presença de luz (S) e sem a presença de luz (N).....	49
Figura 15 – Detecções de odontocetos no Parque Estadual da Ilha Anchieta entre outubro de 2015 a outubro de 2017.....	50
Figura 16 – Eventos de detecções (n) de odontocetos no Parque Estadual da Ilha Anchieta em presença de luz (S) e sem a presença de luz (N). Eventos de detecções (n): A (1 ao 37) e B (38 ao 73).....	51
Figura 17 – Eventos de detecções (n) de odontocetos no Parque Estadual da Ilha Anchieta em presença de luz (S) e sem a presença de luz (N). Eventos de detecções (n): C (74 ao 109) e D (110 ao 148).....	52
Figura 18 – Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de golfinhos-nariz-de-garrafa, <i>Tursiops truncatus</i> , obtida em 2014 e 2019 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.....	53
Figura 19 – Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de orcas, <i>Orcinus orca</i> , obtida em 2012 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.....	54
Figura 20 - Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de golfinhos-rotadores, <i>Stenella longirostris</i> , obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha.....	55
Figura 21 - Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de botos-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo.....	56
Figura 22 - Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, <i>Stenella frontalis</i> , obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.....	57
Figura 23 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-nariz-de-garrafa, <i>Tursiops truncatus</i> , obtida em 2014 e 2019 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.....	58
Figura 24 – Variabilidade dos contornos de assobios de orcas, <i>Orcinus orca</i> , obtida em 2012 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.....	59
Figura 25 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-rotadores, <i>Stenella longirostris</i> , obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha: prancha 1/3.....	60
Figura 26 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-rotadores, <i>Stenella longirostris</i> , obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha: prancha 2/3.....	61

Figura 27 - Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-rotadores, <i>Stenella longirostris</i> , obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha: prancha 3/3.....	62
Figura 28 - Variabilidade dos contornos de assobios de botos-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo: prancha 1/3.....	63
Figura 29 - Variabilidade dos contornos de assobios de botos-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo: prancha 2/3.....	64
Figura 30 – Variabilidade dos contornos de assobios de botos-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo: prancha 3/3.....	65
Figura 31 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, <i>Stenella frontalis</i> , obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: prancha 1/3.....	66
Figura 32 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, <i>Stenella frontalis</i> , obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: prancha 2/3.....	67
Figura 33 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, <i>Stenella frontalis</i> , obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: prancha 3/3.....	68
Figura 34 – Diversidade acústica de assobios golfinhos-nariz-de-garrafa, <i>Tursiops truncatus</i> , obtida em 2014 e 2019 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: PCA.....	69
Figura 35 – Diversidade acústica de assobios de orcas, <i>Orcinus orca</i> , obtida em 2012 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: PCA.....	69
Figura 36 – Diversidade acústica de assobios de golfinhos-rotadores, <i>Stenella longirostris</i> , obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha: PCA.....	70
Figura 37 – Diversidade acústica de assobios de botos-cinza, <i>Sotalia guianensis</i> , obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo: PCA.....	70
Figura 38 – Diversidade acústica de assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, <i>Stenella frontalis</i> , obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: PCA.....	71
Figura 39 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de golfinhos-nariz-de-garrafa, <i>Tursiops truncatus</i> , da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: este estudo (n= 80), B: Andriolo et al. (2018, n= 1005), C: Lima et al. (2016, n= 91), D: May-Collado & Wartzok (2008, n= 77, Costa Rica), E: May-Collado & Wartzok (2008, n= 214, Panamá), F: Baron et al. (2008, n= 894, Atlântico Norte), G: Baron et al. (2008, n= 1821, Golfo do México), H: Oswald et al. (2007, n= 306), I: Azevedo et al. (2007, n= 788), J: Campbell (2004, n= 216), e K: Wang et al. (1995, n= 110).....	71
Figura 40 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de orcas, <i>Orcinus orca</i> , da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: este estudo (n= 92), B: Andriolo et al. (2018, n= 187), e C: Thomsen et al. (2001, n= 200).....	72

- Figura 41 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: Este estudo (n= 251), B: Andriolo et al. (2018, n= 768), C: Oswald et al. (2007, n= 259), D: Camargo et al. (2006, n= 702), E: Oswald et al. (2003, n= 112), F: Lammers et al. (2003, n= 167), G: Bazúa-Durán & Au (2002, n= 961), H: Driscoll (1995, n= 965), I: Wang et al. (1995, n= 271), e J: Steiner (1981, n= 2088).....72
- Figura 42 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: Este estudo (n= 267), B: Deconto & Monteiro-Filho (2015, n= 2435), C: Andrade et al. (2014, n= 203, Baía de Guanabara), D: Andrade et al. (2014, n= 234, Baía de Sepetiba), E: Andrade et al. (2014, n= 222, Baía de Paraty), F: Deconto & Monteiro-Filho (2013, n= 3630), G: May-Collado & Watzok (2009, n= 422), H: Azevedo & Van Sluys (2005, n= 696), I: Pivari & Rosso (2005, n= 1294), J: Erber & Simão (2004, n= 3350), K: Azevedo & Simão (2002, n= 5086), L: Podos et al. (2002, n= 50), e M: Wang et al. (1995, n= 155).....73
- Figura 43 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis* da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: Este estudo (n= 277), B: Andriolo et al. (2018, n= 892), C: Azevedo et al. (2010, n= 1092), D: Baron et al. (2008, n= 27), E: Oswald et al. (2004, n= 100), F: Lammers et al. (2003, n= 220), e G: Wang et al. (1995, n= 80).....73
- Figura 44 – Representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos cliques de ecolocalização que se assemelha ao da toninha (*P. blainvillei*) exibidos em barras verticais com largura de banda entre 105-145 kHz (indicadas com setas vermelhas), detectados entre julho e agosto de 2016 no Parque Estadual da Ilha Anchieta.....74
- Tabela 1 – Registro dos hidrofones utilizados em relação ao período que ficaram fundeados no Canal de São Sebastião (CSS) entre maio de 2015 e setembro de 2017. São exibidos o número (n) de operações que os hidrofones foram fundeados e os parâmetros de gravação como: duração e intervalo em minutos, dias de operação do equipamento, duração total das gravações (Horas:Minutos:Segundos), período em que o MAP ocorreu e o hidrofone utilizado. Todas as gravações foram realizadas em taxa de amostragem de 96 kHz.....74
- Tabela 2 – Registro dos hidrofones utilizados em relação ao período que ficaram fundeados nos arredores do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) entre outubro de 2015 e outubro de 2017. São exibidos o número (n) de operações em que os hidrofones foram fundeados e os parâmetros de gravação como: taxa de amostragem, programação (duração e intervalo em minutos), dias de operação do equipamento, duração total das gravações (Horas:Minutos:Segundos), período em que o MAP ocorreu e o hidrofone utilizado.....75
- Tabela 3 – Registro das gravações acústicas das espécies que compõem o banco de dados de identificação das detecções obtidas no Monitoramento Acústico Passivo (MAP) efetuado no Canal de São Sebastião (CSS) e no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). É apresentada a data (ano) em relação à posição georreferenciada (Sul= S; Oeste= O). Apresenta-se a duração das gravações (Horas:Minutos:Segundos) e as espécies registradas.....76

- Tabela 4 – Atividades de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) realizadas entre maio de 2015 e setembro de 2017 com registros acústicos de odontocetos efetuados no Canal de São Sebastião (CSS). São exibidos os números de dias monitorados e de detecções para cada mês e ano.....77
- Tabela 5 – Atividades de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) realizadas entre outubro de 2015 e outubro de 2017 com registros acústicos de odontocetos efetuados no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). São exibidos os números de dias monitorados e de detecções de cetáceos para cada mês e ano.....77
- Tabela 6 – Eventos de detecção de cetáceos no Canal de São Sebastião (CSS) entre maio de 2015 e setembro de 2017. Representação do número de identificação de cada evento de detecção (n), a data (em dia, mês e ano), período (em horas e minutos) e a duração da gravação registrada em horas, minutos e segundos (H:M:S). Os eventos de detecção (n) 2, 3, 4, 23, 24, 26, 27 não foram considerados para análise por não possuírem cliques de ecolocalização e assobios de odontocetos.....78
- Tabela 7 – Eventos de detecção de cetáceos no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) entre outubro de 2015 e outubro de 2017. Representação do número de identificação de cada evento de detecção (n), a data (em dia, mês e ano), o período (em horas e minutos) e duração em horas, minutos e segundos (H:M:S) de gravação registrada. Os eventos de detecção (n) 5, 6, 7, 13, 32, 46, 61, 62, 101, 119, 134 não foram considerados para análise por não possuírem cliques de ecolocalização e assobios de odontocetos.....79
- Tabela 8 – Número (n) total de assobios analisados por espécie do banco de dados de identificação, a média, o desvio padrão (entre parênteses) e a variação (mínimo-máximo) para as variáveis contínuas: frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), frequência central (FCenter), frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal) e duração.....83
- Tabela 9 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 80); B: Andriolo et al. (2018, n= 1005); C: Lima et al. (2016, n= 91); D: May-Collado & Wartzok (2008, n= 77, Costa Rica); E: May-Collado & Wartzok (2008, n= 214, Panamá); F: Baron et al. (2008, n= 894, Atlântico Norte); G: Baron et al. (2008, n= 1821, Golfo do México); H: Oswald et al. (2007, n= 306); I: Azevedo et al. (2007, n= 788); J: Campbell (2004, n= 216); K: Wang et al. (1995, n= 110).....84
- Tabela 10 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de orcas, *Orcinus orca*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 92); B: Andriolo et al. (2018, n= 187); C: Thomsen et al. (2001, n= 200).....85
- Tabela 11 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima

(FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 251); B: Andriolo et al. (2018, n= 768); C: Oswald et al. (2007, n= 259); D: Camargo et al. (2006, n= 702); E: Oswald et al. (2003, n= 112); F: Lammers et al. (2003, n= 167); G: Bazúa-Durán & Au (2002, n= 961); H: Driscoll (1995, n= 965); I: Wang et al. (1995, n= 271); J: Steiner (1981, n= 2088).....86

Tabela 12 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 267); B: Deconto & Monteiro-Filho (2015, n= 2435); C: Andrade et al. (2014, n= 203, Baía de Guanabara); D: Andrade et al. (2014, n= 234, Baía de Sepetiba); E: Andrade et al. (2014, n= 222, Baía de Paraty); F: Deconto & Monteiro-Filho (2013, n= 3630); G: May-Collado & Watzok (2009, n= 422); H: Azevedo & Van Sluys (2005, n= 696); I: Pivari & Rosso (2005, n= 1294); J: Erber & Simão (2004, n= 3350); K: Azevedo & Simão (2002, n= 5086); L: Podos et al. (2002, n= 50); M: Wang et al. (1995, n= 155).....87

Tabela 13 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 277); B: Andriolo et al. (2018, n= 892); C: Azevedo et al. (2010, n= 1092); D: Baron et al. (2008, n= 27); E: Oswald et al. (2004, n= 100); F: Lammers et al. (2003, n= 220); G: Wang et al. (1995, n= 80).....88

Tabela 14 – Resultados da matriz de confusão e erro de classificação do modelo *Random Forest* (RF) usado para identificar espécies de odontocetos: *Orcinus orca* (Oo), *Stenella frontalis* (Sf), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella longirostris* (Sl) e de *Tursiops truncatus* (Tt). Os números em negrito mostram as classificações corretas. O erro de classificação (OOB) mostra a porcentagem total de assobios que foram classificadas erroneamente.....89

Tabela 15 – Validação das classificações do modelo *Random Forest* (RF). Espécies de odontocetos do modelo RF: *Orcinus orca* (Oo), *Stenella frontalis* (Sf), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella longirostris* (Sl) e de *Tursiops truncatus* (Tt). Os números em negrito destacam as médias (desvio padrão) de relevância de classificação dos assobios e os valores.....89

Tabela 16 – Análise quantitativa dos assobios dos eventos de detecções. Eventos de detecções (n) de odontocetos no Canal de São Sebastião (CSS), assobios analisados, e a média e o desvio padrão (em parênteses) para as variáveis contínuas: frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), frequência central (FCenter), frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal) e duração. Os eventos de detecção (n) 2, 3, 4, 17, 19, 21, 23, 24, 26, 27 não foram considerados para análise por não possuírem assobios de odontocetos a serem descritos.....90

Tabela 17 – Análise quantitativa dos assobios dos eventos de detecções. Eventos de detecções (n) de odontocetos no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), assobios analisados, e a média e o desvio padrão (em parênteses) para as variáveis contínuas: frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), frequência central (FCenter), frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal) e duração. Os eventos

de detecção (n) 5, 6, 7, 13, 32, 44, 45, 46, 47, 61, 62, 66, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 94, 99, 101, 108, 109, 110, 119, 130, 134 não foram considerados para análise por não possuírem assobios de odontocetos a serem descritos.....92

Tabela 18 – Identificação dos eventos de detecção do Canal de São Sebastião (CSS). São apresentados o n dos eventos de detecção, n de assobios analisados, identificação do ROCCA, identificação do teste PCA, porcentagem de identificação por espécie do modelo de identificação de espécies de odontocetos RF (*Random Forest*). *Tursiops truncatus* (Tt), *Orcinus orca* (Oo), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella frontalis* (Sf) e *Stenella longirostris* (Sl). A sugestão de identificação de espécie é apresentada no índice de identificação (Id.), em negrito se evidencia as identificações de odontocetos no CSS. Os eventos de detecção (n) 2, 3, 4, 17, 19, 21, 23, 24, 26, 27 não foram considerados para análise por não possuírem assobios de odontocetos a serem identificados.....98

Tabela 19 – Identificação dos eventos de detecção do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). São apresentados o n dos eventos de detecção, n de assobios analisados, identificação do ROCCA, identificação do teste PCA, porcentagem de identificação por espécie do modelo de identificação de espécies de odontocetos RF (*Random Forest*). *Tursiops truncatus* (Tt), *Orcinus orca* (Oo), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella frontalis* (Sf) e *Stenella longirostris* (Sl). A sugestão de identificação de espécie é apresentada no índice de identificação (Id.), em negrito se evidencia as identificações de odontocetos no PEIA. Os eventos de detecção (n) 5, 6, 7, 13, 32, 44, 45, 46, 47, 61, 62, 66, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 94, 99, 101, 108, 109, 110, 119, 130, 134 não foram considerados para análise por não possuírem assobios de odontocetos a serem identificados.....99

Tabela 20 – Resultados da matriz de confusão e erro de classificação do novo modelo *Random Forest* (RF) de identificação de assobios de odontocetos: *Orcinus orca* (Oo), *Stenella frontalis* (Sf), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella longirostris* (Sl) e de *Tursiops truncatus* (Tt). Os valores que não estão em negrito foram classificados incorretamente pelo modelo. O erro de classificação (OOB) mostra a porcentagem total de assobios que foram classificadas erroneamente.....102

Tabela 21 – Detecções de ecolocalização que se assemelha ao da toninha (*P. blainvillei*) no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) entre julho e agosto de 2015. São exibidos o número de identificação de cada detecção (n), as datas (em dia, mês e ano), período (em horas e minutos), e as horas, minutos e segundos (H:M:S) dos registros acústicos.....103

Lista de Abreviações

UC: Unidades de Conservação

m/s: milissegundos

dB: decibéis

μPa: micro Páscal

m: metro

Hz: Hertz

MAP: monitoramento acústico passivo

PCA: análise dos componentes principais

DFA: análise de função discriminante

ANN: redes neurais artificiais

CARTs: árvores de classificação

SVM: máquinas de vetores de suporte

RF: Random Forest

CSS: Canal de São Sebastião

PEIA: Parque Estadual da Ilha Anchieta

APA: Área de Proteção Ambiental

km: quilômetros

TEBAR: Terminal Petrolífero Almirante Barroso

SUDEPE: Superintendência do Desenvolvimento da Pesca

ACAS: água central do Atlântico Sul

AT: água tropical

AC: água costeira

DSG: Ocean Digital Spectrogram Recorder

HTI: High Tech Inc.

LHICO: Laboratório de Hidrodinâmica Costeira

IO: Instituto Oceanográfico

USP: Universidade de São Paulo

Gb: gigabytes

ROCCA: módulo do software PAMGuard

Dd: golfinho-comum, *Delphinus delphis*

Gg: golfinhos-de-Risso, *Grampus griseus*

Gm: baleia-piloto-de-peitorais-curtas, *Globicephala macrorhynchus*

Sa: golfinho-pintado-pantropical, *S. attenuata*

Sb: golfinho-de-dentes-rugosos, *Steno brendanensis*

Sc: golfinho-listrado, *S. coeruleoalba*

Scl: golfinho-de-Clymene, *S. clymene*

Sf: golfinho-pintado-do-Atlântico, *S. frontalis*

Tt: golfinho-nariz-de-garrafa, *T. truncatus*

FFT: Fast Fourier Transform

Oo: orca, *Orcinus orca*

Sg: boto-cinza, *Sotalia guianensis*

Sl: golfinho-rotador, *Stenella longirostris*

OOB: out-of-bag

MDA: mean decrease in accuracy

Sumário

Agradecimentos.....	i
Prefácio.....	v
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
Lista de figuras e tabelas.....	xiv
Lista de abreviações.....	xxi
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	6
3. Materiais e métodos.....	6
3.1. Área de estudo do MAP.....	6
3.2. Coleta de dados.....	8
3.3. Processamento e análise dos dados de MAP: identificação das emissões de cetáceos.....	9
3.4. Banco de dados acústico: biblioteca de identificação dos dados de MAP.....	9
3.5. Extração de parâmetros acústicos do banco de dados: Identificação das detecções de MAP.....	10
3.6. Detector acústico de assobios de odontocetos.....	12
3.7. Detector acústico de assobios de odontocetos: banco de dados ampliado.....	13
3.8. MAP no PEIA em taxa de gravação de 288 kHz.....	13
4. Resultados.....	14
4.1. Descrição quantitativa do repertório acústico de assobios das espécies do banco de dados de identificação.....	15
4.2. Detector acústico de assobios de odontocetos.....	16
4.3. Descrição quantitativa do repertório acústico de assobios dos eventos de detecções.....	17

4.4. Identificação dos eventos de detecção.....	17
4.5. Detector acústico de assobios de odontocetos: banco de dados ampliado.....	17
4.6. MAP no PEIA em taxa de gravação de 288 kHz.....	18
5. Discussão.....	19
6. Conclusões.....	28
7. Referências Bibliográficas.....	28
8. Figuras e tabelas.....	42

1. Introdução

O manejo e a conservação da vida marinha são preocupações crescentes frente à pressão das atividades antropogênicas nos oceanos (Marques et al., 2013). Para desenvolver atividades de gestão e conservação eficazes para um determinado grupo de organismos como os cetáceos, questões básicas que devem ser consideradas envolvem saber "quais espécies estão presentes na região?" e "quando e com que frequência?" Portanto, desenvolver e utilizar o uso de métodos confiáveis e eficazes para monitorar e estimar a riqueza específica são essenciais para a implementação de políticas de manejo e de conservação em Unidades de Conservação (UC). A acústica passiva oferece uma alternativa de levantamento de dados de ocorrência de cetáceos em situações em que pesquisas visuais não seriam possíveis como, por exemplo, em situações climáticas e oceanográficas adversas e na ausência de luz (noite, madrugada e durante neblina) (Mellinger et al., 2007; Johnston & Wyatt, 2015). Muitas espécies de cetáceos produzem sons detectáveis e distinguíveis que podem ser usados para identifica-las em uma dada região monitorada. O som tem baixa atenuação na água e viaja cerca de cinco vezes mais rápido neste meio (entre 1.450 e 1.550 m/s) do que no ar (próximo a 340 m/s), tornando uma maneira muito eficiente de se comunicar no meio que foi ocupado pelos cetáceos modernos (Berta et al., 2006; Urick, 1983).

Os cetáceos atualmente viventes, representados por 89 espécies (Committee on Taxonomy, 2018) são divididos em duas subordens: os mysticetos (com 14 espécies) e os odontocetos (com 75 espécies). Esses dois grupos podem ser diferenciados por meio de características morfológicas como, por exemplo, pelos seus aparatos bucais (Berta et al., 2006). Os mysticetos possuem cerdas bucais conhecidas como barbatanas compostas de queratina que são utilizadas para a filtragem de alimento, enquanto os odontocetos possuem dentes para apreensão de alimento (*Ibid*). Até o momento foram descritas as ocorrências de 47 espécies de cetáceos em águas brasileiras (Miranda et al., 2019), que representam grande potencial para desenvolvimento de estudos com esses mamíferos.

Os cetáceos possuem a habilidade de emitir e interpretar sinais acústicos que podem ser usados em diferentes contextos ecológicos como forrageamento, competição, delimitação de território, interações sociais, e também podem indicar condição física, estado emocional, e reprodutivo do animal (Dreher & Evans, 1964; Payne & McVay, 1971; Tyack, 1981; Helweg et al., 1992). O som pode ser utilizado como um processo de percepção ativa, envolvendo a produção e a recepção de ondas como no caso da ecolocalização, quando o som é utilizado como auxílio sensorial para a navegação, captura de presas (forrageamento) e para comunicação

(Griffin & Novick, 1955). A ecolocalização surgiu de forma independente no processo evolutivo em alguns grupos de mamíferos, como nos tenrecídeos (tenrec ou tanguê), nos soricídeos (rato-megera), nos morcegos das subordens Megachiroptera e Microchiroptera, e nos cetáceos odontocetos (Speakman, 1993). A ecolocalização é de muita utilidade para os odontocetos, principalmente para aqueles que fazem uso de áreas em que a visibilidade é limitada como em águas turbas e profundas (Au, 2004). Os cliques de ecolocalização de muitas espécies de odontocetos são produzidos em curta duração ($<250\ \mu\text{s}$), em intervalos e em duração de milissegundos, em amplo espectro de frequência, entre 10 e 150 kHz, e em intensidade acústica de 224 dB re 1 μPa a 1 m da fonte emissora (Evans, 1973; Au, 2004). A ecolocalização de cachalotes, *Physeter macrocephalus*, possui largura de banda estreita e de baixa frequência (entre 3 e 15 kHz), e com alta intensidade de 235 dB. As orcas, *Orcinus orca*, produzem cliques de baixa (entre 80 Hz e 10 kHz), média (10 kHz) e de altas frequências (entre 100 e 160 kHz) para a detecção de objetos e discriminação de presas durante o forrageamento e orientação espacial (Au, 2004).

Além da ecolocalização, há dois tipos principais de sons emitidos pelos odontocetos com função social: os assobios (*whistles*, em língua inglesa) e os pulsos explosivos (*burst pulse*, em língua inglesa). Os assobios podem ser produzidos em frequências moduladas, sons tonais, com ou sem a presença de harmônicos. Em geral, a frequência fundamental varia entre 2 a 30 kHz, com duração entre milissegundos e um segundo, e em intensidade de 193 dB re 1 μPa a 1 m da fonte emissora (Lammers et al., 2003; Samarra et al., 2010). Os assobios são importantes na manutenção da coesão social e na organização do grupo (Lammers et al., 2003). Já os pulsos explosivos consistem em repetições rápidas de pulsos e intervalos de inter-pulsos curtos, com função de contato e reconhecimento social, e coordenação de comportamento (Miller et al., 2004). Esses pulsos são emitidos em frequências moduladas e com bandas de ecolocalização, em frequência entre 500 Hz e 25 kHz, com duração entre 0,5 a 1,5 ms, com intensidade entre 131 a 176 dB re 1 μPa a 1 m da fonte emissora (Wellard et al., 2015).

Os primeiros estudos envolvendo acústica de cetáceos datam no final dos anos 1940, com investigações que relacionaram a percepção auditiva e o comportamento do golfinho-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, em ambiente confinado (McBride & Hebb, 1948; Kellogg et al., 1953). Os estudos de Kellogg et al. (1953) e McBride (1956) apresentaram as primeiras evidências de percepção de objetos por meio da reflexão do som (assim como os morcegos), onde os primeiros conhecimentos relacionados com ecolocalização em ambiente aquático passaram a ser investigados. A partir dos anos 1960, o pesquisador William Watkins do "Woods

Hole Oceanographic Institute" nos Estados Unidos foi um dos pioneiros envolvidos com estudos voltados a melhor conhecer os repertórios sonoros de cetáceos em ambiente natural (ver Schevill & Watkins, 1962; Schevill & Watkins, 1965; Watkins, 1966; Watkins & Schevill, 1974; Watkins, 1976). Johnson (1967) produziu umas das primeiras representações gráficas relacionando frequência (Hz) e intensidade sonora (dB), envolvendo a capacidade auditiva de odontocetos. Para a caracterização do repertório acústico, representações gráficas como o espectrograma são em geral utilizadas. Sendo assim, esta relação foi representada para o boto-do-porto, *Phocoena phocoena* (Andersen, 1970), a orca, *O. orca* (Hall & Johnson, 1971), e o boto-cinza, *Sotalia guianensis* (Sauerland & Dehnhardt, 1998). Em relação aos mysticetos, os estudos de Payne & McVay (1971) e Payne et al. (1983) se destacaram por descreverem a composição e a sequência do repertório acústico da baleia-jubarte, *Megaptera novaeangliae*, e relacionaram os mesmos com a estrutura populacional e o comportamento.

No Brasil os estudos de acústica com cetáceos se iniciaram somente a partir da década de 1990, com enfoque principal em uma espécie que ocupa uma porção considerável da costa: o boto-cinza, *S. guianensis*. Monteiro-Filho & Monteiro (2001) analisaram as emissões sonoras do boto-cinza gravadas durante 10 anos na mesma região de estudo. Com isto verificaram que, além do repertório acústico já relatado na literatura, o boto-cinza emite sons de baixa frequência. Azevedo & Simão (2002) produziram espectrogramas e parâmetros acústicos gerados pelos assobios do boto-cinza da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. Os parâmetros acústicos adotados para os assobios foram então utilizados para efeito de comparação entre populações de diferentes regiões do Brasil. Com isto, Azevedo & Van Sluys (2005) não identificaram diferenças significativas entre os referidos parâmetros acústicos, mas Rossi-Santos & Podos (2006) apontaram variações latitudinais entre os assobios do boto-cinza ao longo da costa brasileira. Rollo Jr et al. (2008) efetuaram avaliação do ruído antrópico no estuário de Cananeia e não identificaram mudanças expressivas de comportamentos do boto-cinza em relação ao ruído antropogênico local. Andrade et al. (2014) descreveram as propriedades temporais e espectrais dos sinais pulsados do boto-cinza em comportamento de alimentação e socialização em águas rasas da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. A partir de então mais grupos de pesquisa passaram a usar esta ferramenta para estudos do boto-cinza na costa brasileira, gerando cada vez mais informações importantes para o melhor conhecimento da espécie (e.g. Andrade et al., 2015; Martins et al., 2016; Andrade et al., 2017; Moron et al., 2018; Deconto & Monteiro-Filho, 2019).

Além desses exemplos mencionados para águas nacionais, o repertório acústico de outras espécies de odontocetos também foi investigado como, por exemplo, do boto-cor-de-rosa, *Inia geoffrensis*, da região do Amazonas (Podos et al., 2002; Amorin et al., 2016), o golfinho-nariz-de-garrafa, *T. truncatus*, do estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul (Azevedo et al., 2007), o golfinho-rotador, *Stenella longirostris*, do Arquipélago de Fernando de Noronha (Rossi-Santos et al., 2008; Moron & Andriolo, 2015; Moron et al., 2015), o golfinho-pintado-do-Atlântico, *S. frontalis*, da Baía da Ilha Grande, Rio de Janeiro (Azevedo et al., 2010), o golfinho-de-dentes-rugosos, *Steno brendanensis*, da costa do Rio de Janeiro (Lima et al., 2012), e de orcas, *Orcinus orca* do oceano Atlântico sul (Andriolo et al., 2015). De acordo com Deecke et al. (1999) a descrição de parâmetros que descrevem o repertório acústico de diferentes espécies favorecem estudos de comparação, similaridade, e identificação de espécies. A análise quantitativa do repertório vocal de uma espécie envolve a medição de características acústicas. Parâmetros acústicos como a intensidade, a duração, a frequência inicial, final, máxima e mínima, são variáveis em geral utilizadas para a diferenciação de espécies.

Há algumas décadas a ferramenta conhecida como “Monitoramento Acústico Passivo” (MAP) tem sido utilizada para o monitoramento e detecção de cetáceos (Mellinger et al., 2007; Johnston & Wyatt, 2015). O método MAP de estudo de cetáceos ocorre de maneira não invasiva, podendo gerar informações de presença e ausência sazonal (Sirovic et al., 2004), estrutura de população (Deecke et al., 1999) e abundância (Marques et al., 2009; Marques et al., 2013). Exemplos de utilização da tecnologia de MAP no Brasil para estudos sobre cetáceos são os estudos de Sousa-Lima & Clark (2008; 2009), que monitoraram e relacionaram as emissões sonoras de baleias-jubarte, *M. novaeangliae*, com variáveis ambientais e influências dos ruídos de embarcações turísticas no comportamento destes animais no Parque Nacional Marinho de Abrolhos, na Bahia. Caldas-Morgan et al. (2015) testaram a performance e o funcionamento de um gravador autônomo alternativo. Registraram no Rio de Janeiro, na baía de Sepetiba, assobios do boto-cinza, e emissões sonoras de baleias-jubarte na costa da Bahia, próximo à cidade de Ilhéus. Dombroski et al. (2016; 2017) descreveram o repertório acústico e uso de área da baleia-franca-austral, *Eubalaena australis*, em duas regiões de Santa Catarina: Gamboa e Ribanceira.

A descrição quantitativa do repertório acústico de distintas espécies de cetáceos é importante para estabelecer programas eficazes de MAP e desenvolver detectores acústicos automatizados (Van Parijs et al., 2009; Webster et al., 2016). Técnicas estatísticas multivariadas, ou mais recentemente conhecidas como *machine learning* em língua inglesa,

podem ser empregadas para classificar sinais acústicos biológicos baseados em relações entre as variáveis empregadas (Armitage & Ober, 2010; Shamir et al., 2014). Com isso, um vasto conjunto de técnicas tem sido aplicado à classificação acústica, incluindo análises dos componentes principais (PCA) (Sparling & Williams, 1978; Clark, 1982), análise de função discriminante (DFA) (Sparling & Williams, 1978; Baumgartner & Mussoline, 2011), análise de cluster (Rendell & Whitehead, 2003), redes neurais artificiais (ANN) (Potter et al., 1994; Deecke et al., 1999), árvores de classificação (CARTs) (Van Opzeeland & Van Parijs, 2004; Risch et al., 2013) e máquinas de vetores de suporte (SVM) (Roch et al., 2008; Armitage & Ober, 2010).

A análise de *Random Forest* (RF) é uma técnica relativamente nova em relação aos métodos de classificação anteriormente descritos (Breiman, 2001). A análise de RF é um classificador que consiste em uma coleção de classificadores estruturados em árvores, não influenciadas umas pelas outras, e são robustas em relação ao ajuste da correlação entre as variáveis testadas para modelar interações complexas entre variáveis, medir a taxa de erro e fornecer a classificação com precisão (Breiman, 2001; Sirosky, 2009). Depois que um grande número de árvores é gerado por meio de um sistema de votação, a classe mais popular é elencada (Breiman, 2001). Este método tem sido empregado para a identificação de espécies utilizando seus sinais acústicos (Briggs et al., 2012; Hannay et al., 2013; Rankin et al. 2016), classificação do comportamento por meio do som (Henderson et al., 2011) e descrição de repertórios acústicos (Risch et al., 2013; Webster et al., 2016). Comparações de técnicas de classificação favorecem a análise RF em relação às técnicas SVM, DFA e ANN por sua sensibilidade, especificidade, poder preditivo e sua capacidade de treinar rapidamente e estimar as variáveis de importância (Breiman, 2001; Armitage & Ober, 2010).

Os cetáceos desenvolvem serviços ecossistêmicos ímpares nos oceanos. Considerando o posicionamento e a importância dos cetáceos geralmente em topos de teias tróficas nos ecossistemas marinhos, nesta última década foram diversos os estudos que descreveram com detalhes os papéis ecológicos e influências dos cetáceos como consumidores e vetores de energia e de nutrientes, contribuintes com a produtividade biológica, com o enriquecimento de nutrientes por meio da defecação, e consequentemente cooperadores com o aumento da intensidade da fotossíntese (Lavery et al., 2010; Roman & McCarthy, 2010; Smith et al., 2013; Lavery et al., 2014; Roman et al., 2014), bem como ressuspensores de nutrientes ao se movimentarem pela coluna d'água, contribuindo com os ciclos biogeoquímicos (Dewar et al., 2006). Quando morrem, efetuam a transferência de carbono da superfície até águas profundas

(Pershing et al., 2010) onde, em regiões abissais, fornecem as carcaças como habitat e estrutura de apoio de comunidades bióticas (Lundsten et al., 2010). Além desses aspectos, são considerados como sentinelas dos ecossistemas aquáticos onde se encontram por acumularem compostos químicos orgânicos e inorgânicos no tecido adiposo em relação a teia trófica local (Moore, 2008).

Considerando as potencialidades do uso da ferramenta acústica e que o esforço do MAP e sua potencialidade de uso na costa do Estado de São Paulo, elaborar um protocolo de monitoramento de cetáceos odontocetos que utilize essa ferramenta com enfoque ao uso de registros acústicos e a classificação dos sinais em nível de espécie é um desafio de grande relevância para o estabelecimento de programas de monitoramento no mosaico de unidades de conservação encontradas ao longo da costa paulista.

2. Objetivos

Com base no cenário apresentado, este estudo tem como objetivo desenvolver um classificador de sinais de assobios de odontocetos da costa do Estado de São Paulo, e gerar subsídios para o estabelecimento de um programa de MAP na costa sudeste do Brasil. Estima-se que a probabilidade de detectar cetáceos odontocetos é maior em áreas com menores influências antrópicas; será possível identificar em nível de espécie os assobios de odontocetos detectados com o MAP.

3. Materiais e métodos

3.1. Área de estudo do MAP

As área de estudo em que foi realizado o MAP está localizada no litoral norte do Estado de São Paulo, incluindo o Canal de São Sebastião (CSS) e o Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). Uma pequena parcela do CSS está dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) marinha do Litoral Norte do Estado de São Paulo (APA), no setor 3 da UC “Ypautiba” e “Cunhambebe”, e o PEIA se encontra no setor “Cunhambebe” da APA.

O CSS é um corredor de passagem com 25 km de comprimento, variando entre 2 a 6 km de largura entre o continente e a Ilha de São Sebastião, também conhecida como Ilhabela. A profundidade da água varia entre 20 e 25 m nas margens, podendo chegar a 40 m na região

central (Castro et al., 2008). Sua importância pode ser relacionada à diversidade biológica, ao lazer e às atividades ligadas à indústria de óleo e gás. Nesta região se encontra o Porto de São Sebastião gerenciado pela Companhia de Docas de São Sebastião, empresa supervisionada pela Secretaria dos Transportes do Governo do Estado de São Paulo que opera desde o ano de 1955. O Porto de São Sebastião possui um cais com 362 m de extensão, com capacidade de atracação de navios de até 250 m de comprimento. Além do Porto de São Sebastião, o CSS abriga o “Terminal Petrolífero Almirante Barroso” (TEBAR) da Petrobras. Este terminal marítimo de petróleo e derivados opera desde 1967 e é um dos maiores do Brasil, se destacando na América Latina pelo tamanho, capacidade e fluxo de embarcações comerciais (Zanardi-Lamardo et al., 2013). O TEBAR opera em dois píeres compostos por quatro berços em uma extensão de 905 m de comprimento. A Figura 1 exemplifica a densidade do tráfego de embarcações comerciais em 2016 neste setor.

A Ilha Anchieta possui 828 ha de área e está a 570 m de distância da costa. A Ilha Anchieta e arredores abriga recursos marinhos que atrai atividades de turismo e é uma região de passagem de embarcações de pesca, lazer, escunas e veleiros, geralmente abrigados em um dos centros náuticos de Ubatuba no Saco da Ribeira. Com a finalidade de preservar as instalações históricas e proporcionar um espaço para pesquisas ambientais e culturais, o PEIA foi criado em 29 de março de 1977, através do Decreto 9.929, em acordo com o estabelecido pelo artigo 5º da Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Desde então a extração dos recursos biológicos da ilha e de seu entorno é proibida. Em 1983 a extinta Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE) delimitou 1 km de zona de exclusão de pesca no entorno do PEIA. Na atualidade o PEIA está integrado ao mosaico de UCs administrada pela Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. O Instituto Florestal efetua monitoramento da vegetação natural e a fiscalização da pesca no entorno do PEIA. Estudos que investigam características oceanográficas (e.g. Pires 1992, De Léo & Pires-Vanin 2006, Katsuragawa et al., (2014, Alves et al. 2014), e sobre a biota local, (e.g. Mantelatto et al., 2003, Rocha et al., 2010), evidenciaram que o entorno do PEIA se trata de uma área de relevante interesse em termos de produtividade biológica. Um exemplo da densidade do tráfego de embarcações no entorno do PEIA em 2016 é exibido na Figura 1.

Três massas de água predominantes influenciam ambos setores descritos: a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), caracterizada pela baixa temperatura (menor do que 20°C) e alta salinidade (maior do que 36,4 ppt) rica em nutrientes, estimulando a produtividade; a Água Tropical (AT) com alta temperatura (maior do que 20°C) e salinidade superior a 36,4 ppt e

Água Costeira (AC), com alta temperatura (acima de 24°C) (Miranda, 1982; Castro-Filho et al., 1987). Estas principais massas de água possuem volumes variáveis de acordo com as estações do ano (Castro-Filho et al., 1987; Silva et al., 2004) e influenciam a produtividade biológica local.

3.2. Coleta de dados

A obtenção de dados de acústica no CSS ocorreu entre maio de 2015 e setembro de 2017, e no PEIA o esforço amostral foi realizado entre outubro de 2015 e outubro de 2017. Foram utilizados equipamentos conhecidos como *Ocean Digital Spectrogram Recorder* (DSGs ao longo deste documento) da *Loggerhead Instruments*. Acoplado ao gravador acústico foi utilizado um hidrofone da *High Tech Inc.*, modelo HTI-96 MIN com sensibilidade de -201 dBV μ Pa, ± 3 dB de 2 Hz a 30 kHz. O nível de ganho utilizado no gravador DSG foi de 33 dB (~ 168 dB re 1 μ Pa). Um equipamento de MAP foi utilizado em cada área de estudo.

No CSS o gravador acústico foi fixado com abraçadeiras de *nylon* no cabo principal do fundeio oceanográfico gerenciado pelo Laboratório de Hidrodinâmica Costeira (LHICO) do IOUSP (23°49'S; 45°24'O; Figura 2), localizado a aproximadamente 854 m de distância das margens do continente de São Sebastião e a 1159 m de distância das margens de Ilhabela. A profundidade do local é de 22 metros e o DSG foi instalado no cabo do fundeio a 10 metros de profundidade (Figuras 3 e 4). No PEIA foi instalado um fundeio oceanográfico na região sul da Ilha Anchieta (23°33'S, 45°4'O; Figura 2), próximo à Ponta dos Calhaus, a aproximadamente 150 m de distância do costão rochoso. A profundidade do local é de 12 metros e o DSG foi anexado ao cabo do fundeio em profundidade de 6 metros (Figuras 5 e 6).

Os DSGs permaneceram em operação em média por 30 dias (Tabelas 1 e 2), sendo esta a estimativa de autonomia estipulada pelo fabricante para armazenamento de dados acústicos na taxa de gravação utilizada com uso de cartão de memória com 128 Gb de memória. Após este período, os equipamentos de gravação de ambos setores foram substituídos por outros com as mesmas programações de gravação. Os dados obtidos pelos gravadores DSGs foram descompactados e transformados em arquivos do tipo *wav* utilizando o software SoundTrap Host versão 1.2.9.29427.

Para avaliar a autonomia e a capacidade de registros de sinais acústicos de odontocetos, foram utilizadas dois tipos de programação de gravação no MAP realizado no CSS e no PEIA. Entre maio de 2015 e maio de 2016 no CSS e entre outubro de 2015 a setembro de 2016 no PEIA foram realizadas gravações de dois minutos de duração, em intervalos de três minutos

entre as gravações, em taxa de amostragem de 96 kHz. Com este tipo de programação foram gerados 288 arquivos de áudio (mono, no formato *wav*, 16-bit) e foram obtidas em média 9 horas e 26 minutos de gravações acústicas por dia e por local investigado (Tabelas 1 e 2). Entre junho de 2016 e setembro de 2017 no CSS e entre setembro de 2016 e outubro de 2017 no PEIA, as gravações acústicas foram realizadas em programação de um minuto de duração e em intervalos de quatro minutos entre as gravações (taxa de amostragem de 96 kHz). Com esta programação foram gerados 288 arquivos de áudio (mono, no formato *wav*, 16-bit), registrando em média de 4 horas e 38 minutos de gravações por dia e por setor monitorado (Tabelas 1 e 2).

3.3. Processamento e análise dos dados de MAP: identificação das emissões de cetáceos

Os dados de áudio foram triados por meio de análise visual, onde os arquivos com dados acústicos foram explorados com uso do espectrograma em janela do tipo *Hann*, com definição de 1024 pontos FFT (*Fast Fourier Transform*) de amostras, com 48 kHz de resolução, com o uso do software Raven Lite 2.0 (Bioacoustics Research Program, Cornell University, 2015). Nenhum filtro foi aplicado nos dados acústicos. Com este tipo de representação dos dados acústicos foi possível distinguir diferentes sinais acústicos como, por exemplo, aqueles de origem biogênica (Figura 7A) e os de origem antrópica (Figura 7B).

Os arquivos com dados acústicos candidatos foram separados dos demais e avaliados no espectrograma quanto às características gerais morfológicas: identificação de cliques de ecolocalização (Evans, 1973) e presença de assobios (Dreher & Evans, 1964; Morisaka & Connor, 2007; Samarra et al., 2010). Os eventos de detecção foram identificados com um número da ocasião (n), data, período em relação ao dia da gravação e a duração da gravação registrada. Eventos de detecção foram considerados independentes dos outros quando obtidos em intervalo de tempo superior a 4 minutos entre as gravações (diferença entre o tempo final de uma gravação e o início entre a seguinte) para evitar auto-correlação. Foram estabelecidos critérios para os eventos de detecção em período com a presença de luz solar, entre as 6:00 horas e as 17:59 horas, e sem luz solar, entre as 18:00 horas até as 5:59 horas.

3.4. Banco de dados acústico: biblioteca de identificação dos dados de MAP

Visando a identificação em nível de espécie das detecções acústicas de odontocetos obtidas nos dados de MAP no CSS e no PEIA foi construída uma biblioteca de identificação. O banco de dados com gravações de espécies de odontocetos foi estruturado por meio de cruzeiros oceanográficos realizados entre 2012 e 2015 pela costa do Estado de São Paulo (entre

23 e 25°S e entre 45°e 48°O), onde se incluiu a área de estudo (ver detalhes dos cruzeiros oceanográficos em Figueiredo, 2017). Além dos cruzeiros realizados na área de estudo, utilizou-se um banco de dados obtido em uma expedição científica realizada em maio de 2017 ao Arquipélago de Fernando de Noronha (03°50'S, 32°24'O) onde se registraram emissões sonoras do golfinho-rotador (*Stenella longirostris*). Esta espécie é menos provável de fazer uso das águas costeiras exploradas acusticamente neste estudo por ter distribuição predominantemente oceânica nesta latitude (Moreno et al., 2005). Entretanto a utilização desse banco de emissões sonoras de uma espécie oceânica corrobora com os ajustes necessários para refinar a futura detecção de espécies de odontocetos na área de estudo por meio de MAP. Foram incluídas no banco de dados acústicos gravações emissões do boto-cinza, *S. guianensis*, realizadas em abril de 2018 no estuário de Cananeia (25°01'S, 47°55'O), e por registros acústicos do golfinho-nariz-de-garrafa, *T. truncatus*, avistado em janeiro de 2019 em São Sebastião (23°53'S, 45°29'O). A Tabela 3 exibe os componentes espaciais e temporais, a duração das emissões gravadas e as espécies de odontocetos que compõem a biblioteca de identificação elaborada até o presente momento.

Os sons foram gravados depois que as espécies observadas foram visualmente identificadas, com o motor do barco desligado e após ter verificado visualmente toda a região para garantir que nenhuma outra espécie de cetáceo além da identificada estivesse presente. As gravações acústicas foram feitas com um gravador acústico PCM-M10 (*Sony Electronics Inc.*) usando taxa de amostragem de 96 kHz, e com um hidrofone (HTI-96 MIN, sensibilidade: -201 dBV μ Pa, $\pm$ 3 dB de 2 Hz a 30 kHz).

3.5. Extração de parâmetros acústicos do banco de dados: Identificação das detecções de MAP

Para a identificação das espécies de cetáceos nos eventos de detecções do MAP foram extraídos parâmetros acústicos dos assobios das gravações acústicas do banco de dados de identificação, assim como dos eventos de detecções do MAP nos dois setores de investigação no litoral norte paulista para posteriormente serem comparados. As variáveis acústicas dos assobios foram extraídas com uso do programa computacional ROCCA (Oswald et al., 2007). O ROCCA é um módulo do software PAMGuard (Gillespie et al., 2008) com interface em tempo real de rolagem do espectrograma, e que possibilita a extração de contornos tempo-frequência de assobios de odontocetos, extração de parâmetros acústicos e classificação dos assobios em nível de espécie. O ROCCA possui classificadores para espécies de odontocetos dos oceanos Pacífico Tropical Oriental, do Atlântico Noroeste e do Pacífico Temperado, e

região das Ilhas do Havaí. Para a classificação diagnóstica em nível de espécie dos eventos de detecções do MAP foi utilizada a configuração de classificador de espécies do Atlântico Noroeste. O classificador do ROCCA utilizado possui detectores para nove espécies: golfinho-comum, *Delphinus delphis* (Dd), golfinho-de-Risso, *Grampus griseus* (Gg), baleia-piloto-de-peitorais-curtas, *Globicephala macrorhynchus* (Gm), golfinho-pintado-pantropical, *S. attenuata* (Sa), golfinho-de-dentes-rugosos, *Steno brendanensis* (Sb), golfinho-listrado, *S. coeruleoalba* (Sc), golfinho-de-Clymene, *S. clymene* (Scl), golfinho-pintado-do-Atlântico, *S. frontalis* (Sf) e golfinho-nariz-de-garrafa, *T. truncatus* (Tt).

A extração de contornos tempo-frequência de assobios de odontocetos (Figura 8) foi feita com espectrograma em janela do tipo Hann, com definição de 1024 pontos FFT (*Fast Fourier Transform*) de amostras, com resolução espectral variável conforme identificados os assobios dos eventos de detecção do MAP e da biblioteca acústica de identificação. Assobios que se sobreponham com outros ou que não eram claramente visíveis no espectrograma não foram considerados para a análise. Baseado em estudos prévios de descrição de repertório acústico de odontocetos como, por exemplo, Bazúa-Durán & Au (2002), os parâmetros foram previamente escolhidos para serem extraídos. Um total de sete parâmetros acústicos foram extraídos dos contornos dos assobios: frequência mínima (kHz), frequência máxima (kHz), frequência delta (kHz; a diferença entre a frequência limite máxima e mínima da seleção), frequência central (kHz; frequência que divide a seleção em dois intervalos de igual energia), frequência inicial (kHz), frequência final (kHz), e duração (ms). Serão exibidas em tabelas as médias, o desvio padrão, e os valores mínimo e máximo dos parâmetros acústicos extraídos das espécies da biblioteca de identificação e dos eventos de detecção. Os contornos dos assobios das espécies da biblioteca de identificação serão exibidos para avaliar a variabilidade morfológica dos assobios por espécie.

Para verificar a variabilidade e possível identificação de grupos de assobios com mesmas características acústicas emitidos pelas espécies do banco de dados de identificação, as médias dos parâmetros acústicos das cinco espécies previamente incluídas na biblioteca foram plotados individualmente por espécie em representação pela PCA.

Além disso, as médias dos parâmetros acústicos das cinco espécies da biblioteca do banco de dados de identificação de espécies de odontocetos foram plotadas simultaneamente e comparadas em relação às médias dos parâmetros acústicos extraídos dos eventos de detecção do MAP. Essa comparação é considerada como uma etapa de classificação diagnóstica e para validar a identificação em nível de espécie dos eventos de detecção com a modelagem *Random*

Forest. As médias das variáveis acústicas das espécies do banco de dados de identificação foram plotadas em representação PCA individualmente por espécie em relação às médias dos parâmetros acústicos de mesma espécie disponíveis pela literatura. As análises de PCA foram conduzidas no software R versão 3.0.2 (R Development Core, Team, 2012).

3.6. Detector acústico de assobios de odontocetos

A análise de *Random Forest* (RF) foi realizada para desenvolver um método repetitivo de classificação dos assobios das cinco espécies da biblioteca de identificação (*O. orca*, *S. guianensis*, *S. frontalis*, *S. longirostris* e *T. truncatus*) e assim pavimentar a estruturação de um detector acústico de assobios de odontocetos para o Oceano Atlântico Sul. As variáveis-resposta do modelo foram os nomes das cinco espécies de odontocetos do banco de dados de identificação de espécies e as variáveis preditoras foram os sete parâmetros acústicos extraídos dos assobios. Todos os sete parâmetros acústicos extraídos dos assobios das cinco espécies de odontocetos do banco de dados de identificação foram considerados para treinar o modelo de identificação RF. A análise de RF foi conduzida no software R versão 3.0.2 (R Development Core, Team, 2012) usando a função *randomForest* () do pacote RF (Liaw & Wiener, 2002). Os dados de treinamento foram acoplados (função *bootstrap*) ao modelo em modo de seleção aleatória das variáveis preditoras em cada nó com vistas a escolher a melhor divisão (Sirosky, 2009). Apenas dois parâmetros no modelo de RF foram definidos para a classificação: o número de variáveis de previsão a serem pesquisadas em cada nó (*mtry*) e o número de réplicas de (*bootstrap*) ou de árvores a crescer (*ntree*). Visando a melhor acurácia e resultados robustos e estáveis do modelo RF, os parâmetros *mtry* e *ntree* foram definidos pela função *tuneRF* (), também do pacote RF (Liaw & Wiener, 2002).

A taxa de erro de classificação foi estimada a partir dos dados de treinamento do modelo utilizando os assobios das cinco espécies de odontocetos do banco de dados de identificação, e que foram utilizados na interação *bootstrap*. Com isso foi gerado um índice de erro de classificação do modelo RF *out-of-bag* (OOB, em língua inglesa) para cada variável resposta do modelo RF. Para determinar as cinco variáveis preditoras (parâmetros acústicos extraídos dos assobios) que melhor descreveu a classificação do modelo de RF (variáveis de importância), foi implementada a análise *mean decrease in accuracy* (MDA, em língua inglesa) (Liaw & Wiener, 2002). Sendo assim, para cada árvore formada pelo modelo RF, o erro de previsão foi calculado em relação ao OOB. Para cada variável o mesmo cálculo foi realizado usando uma permutação aleatória do valor dessa variável. Finalmente, para cada variável, as diferenças nos erros de previsão foram calculadas sobre todas as árvores do modelo (*Ibid*). As variáveis

preditoras utilizadas no modelo foram consideradas informativas e importantes se seus índices estivessem acima do valor absoluto da menor variável negativa, ou acima de zero se não houvesse valores negativos (Shih, 2011).

Para validar o poder preditivo do modelo e verificar as previsões de classificação dos assobios por espécie a partir dos parâmetros acústicos que descrevem os assobios de cada uma delas, o conjunto de dados por espécie foi testado individualmente no modelo RF. Com isto foi possível observar se os assobios das espécies que compõem a biblioteca de identificação possuem características acústicas similares. As previsões foram realizadas utilizando a função *predict()* do pacote RF. Essa função classifica os dados com base nas relações complexas entre as variáveis preditoras gerando uma matriz de votação de classificação (Liaw & Wiener, 2002). Quando as características físicas dos assobios a serem identificadas pelo modelo RF são significativamente diferentes dos valores dos parâmetros acústicos que operam como referências de identificação do modelo RF, a identificação em nível de espécie não é realizada e o modelo exibe a mensagem “*new factor levels not present in the training data*”.

Com o modelo de classificação de assobios RF, uma matriz de porcentagem de correlação de identificação de assobios por espécie foi gerada para a classificação em nível de espécie dos eventos de detecções. Espécies com previsões de identificação com porcentagens > 50% foram consideradas identificadas (critério de identificação do modelo RF). Para a identificação final das espécies de odontocetos detectadas no MAP realizado no CSS e no PEIA, o critério de identificação utilizado considerou o teste PCA e a previsão de classificação do modelo. Quando as estimativas (PCA e RF) apresentaram o mesmo resultado foi considerado identificado o evento de detecção avaliado.

3.7. Detector acústico de assobios de odontocetos: banco de dados ampliado

Os assobios dos eventos de detecção (MAP realizado no CSS e no PEIA) identificados em nível de espécie foram adicionados no banco de dados do modelo RF, formando assim um novo modelo de identificação de assobios de odontocetos. Com o banco de dados de espécies ampliado, esperava-se que a efetividade de identificação de assobios de odontocetos aumentasse.

3.8. MAP no PEIA em taxa de gravação de 288 kHz

Em paralelo ao estudo de MAP foi efetuado um experimento para avaliar a possibilidade de ocorrência de cetáceos que emitem sons em taxa de frequência acústica superior à

monitorada. Sendo assim, durante 28 dias (11 dias do mês de julho e 17 dias do mês de agosto) de 2016, um DSG foi anexado no fundeio do PEIA e programado para realizar gravações de um minuto de duração em intervalos de quatro minutos, e em taxa de gravação de 288 kHz. Os eventos de detecção deste experimento foram contabilizados separadamente ao estudo de MAP realizado no CSS e no PEIA.

4. Resultados

No total foram registradas 3.844 horas e 46 minutos de gravações acústicas em 627 dias monitorados no CSS, e 3.793 horas e 59 minutos de dados acústicos registrados em 551 dias investigados no PEIA. As Tabelas 1 e 2 exibem a frequência de uso dos DSGs nas áreas de estudo.

A Figura 9 representa as operações dos hidrofones no CSS em relação aos dias monitorados e horas registradas. A autonomia máxima do hidrofone fundeado no CSS foi de 37 dias (338 horas e 9 minutos de gravação) em taxa de amostragem de 96 kHz, na programação de gravação de 2 minutos de duração em intervalos de 3 minutos entre as gravações com um cartão de memória de 128 Gb (Tabela 1). Em programação de 1 minuto de duração em intervalos de 4 minutos entre as gravações, a autonomia máxima do hidrofone fundeado no CSS foi de 60 dias de operação (276 horas e 21 minutos de registros acústicos). Quando comparadas as operações de MAP 9 e 19 (Figura 9), observa-se que, apesar da operação 9 ter envolvido o monitoramento de um número menor de dias em relação à operação 19, houve menos horas de gravações registradas no MAP 19 do que o MAP 9. Houve 4 dias sem MAP entre a instalação das operações de MAP 19 e 20, o que indica que na programação utilizada no MAP 19, a autonomia máxima de gravação do DSG foi atingida (Tabela 1, Figura 9). Não houve registros acústicos nas operações de MAP 12 e 14. A Figura 10 representa o número de dias monitorados acusticamente em relação aos meses do ano.

A autonomia máxima do DSG fundeado no PEIA foi de 36 dias (333 horas e 56 minutos de gravação) na programação de gravação de 2 minutos de duração em intervalos de 3 minutos entre as gravações, taxa de amostragem de 96 kHz e com um cartão de memória de 128 Gb (Tabela 2). Em taxa de amostragem de 288 kHz e programação de 1 minuto de duração em intervalos de 4 minutos entre as gravações, a autonomia máxima do hidrofone foi de 28 dias (132 horas e 8 minutos de registros acústicos) com o mesmo cartão de memória. Quando a programação utilizada foi a de 1 minuto de duração em intervalos de 4 minutos entre as

gravações e taxa de amostragem de 96 kHz, a autonomia máxima do hidrofone fundeado foi de 54 dias de operação (246 horas e 15 minutos de gravação), com cartão de 128 Gb de memória. Não houve registros acústicos nas operações de MAP 8 e 15 (Tabela 2). A Figura 11 representa as operações dos DSGs no PEIA em relação aos dias monitorados e horas registradas. A Figura 12 representa o número de dias monitorados no PEIA, em relação aos meses do ano.

As Tabelas 4 e 5 exibem o período monitorado acusticamente nas áreas de estudo (CSS e o PEIA) e as detecções de odontocetos em relação ao mês e ano monitorado. Dos 29 meses MAP no CSS, em 14 meses houve detecção acústica de odontocetos. Em abril de 2017 não houve MAP por falha na programação do DSG. No CSS identificou-se 30 detecções de odontocetos (3 horas e 40 minutos de gravações acústicas, Figura 13). As detecções foram mais frequentes nos meses de fevereiro e junho de 2016 e em julho de 2017 (Figura 13, Tabela 4). Os eventos de detecção de odontocetos registrados no CSS são apresentados na Tabela 6. Em predominância, 67% das detecções ocorreram em período de ausência de luz solar (noite e madrugada) no CSS (Figura 14).

No PEIA não houve MAP em junho de 2017 por falha na programação do DSG. No total foram registradas 137 detecções de odontocetos (14 horas e 13 minutos de gravações, Tabela 7). As ocorrências de odontocetos foram presentes em todos os meses MAP com exceção de março de 2016, maio e junho de 2017 (Figura 15). Os meses de julho e agosto de 2016 merecem destaque em relação às maiores frequências de detecções (Tabela 7, Figura 15), período onde houve muitos eventos de detecção em mesmo dia, e com curto intervalo de tempo entre as detecções (Tabela 7). Os eventos de detecções de cetáceos registrados no PEIA, as datas e a duração das gravações estão exibidos na Tabela 7. Em predominância as detecções (81%) ocorreram em período de ausência de luz solar (noite e madrugada) (Figuras 16 e 17). Com 14 minutos de intervalo entre as detecções, o evento de detecção 32 em relação ao 31 foi o menor intervalo entre as detecções no CSS. No PEIA o menor intervalo entre as detecções foi de 19 minutos (eventos de detecção: 110/109; 112/111; 117/116; 129/128).

4.1. Descrição quantitativa do repertório acústico de assobios das espécies do banco de dados de identificação

Um total de 80 assobios de *T. truncatus*, 92 assobios de *O. orca*, 251 assobios de *S. longirostris*, 267 assobios de *S. guianensis* e 277 assobios de *S. frontalis* foram analisados acusticamente. As Figuras 18 para *T. truncatus*, 19 para *O. orca*, 20 para *S. longirostris*, 21 para *S. guianensis*, e 22 para *S. frontalis*, representam exemplos da representação em espectrograma

dos assobios por espécie. Parâmetros acústicos foram extraídos dos assobios para comporem a biblioteca de identificação por espécie dos eventos de detecções. A Tabela 8 exibe as médias dos parâmetros acústicos analisados dos assobios das espécies que compõem a biblioteca de identificação. A variabilidade morfológica dos assobios das espécies da biblioteca de identificação é representada por espécie nas Figuras 23 para *T. truncatus*, 24 para *O. orca*, 25, 26 e 27 para *S. longirostris*, 28, 29 e 30 para *S. guianensis*, 31, 32 e 33 para *S. frontalis*. Na sequência, a diversidade acústica dos assobios é exibida em representação gráfica PCA, também por espécie (Figuras 34, 35, 36, 37, 38). Não foi possível definir grupos de assobios com mesmas características físicas por meio de análise da representação gráfica PCA. As médias dos parâmetros acústicos de *T. truncatus*, *O. orca*, *S. longirostris*, *S. guianensis* e *S. frontalis* foram comparadas com os valores de populações de outras localidades (Tabela 9, 10, 11, 12 e 13) por meio de análise gráfica PCA (Figuras 39, 40, 41, 42 e 43).

4.2. Detector acústico de assobios de odontocetos

Foram considerados todos os parâmetros acústicos extraídos e os assobios do banco de dados de identificação (n= 967 assobios) para treinar o detector acústico de odontocetos no modelo RF. A melhor estimativa e estabilização do modelo foram definidas com a utilização de valores 1000 (*ntree*) e 4 (*mtry*). Os parâmetros mais significativos para a classificação, segundo a análise do MDA, foram a duração, e as frequências final, mínima, central e a delta.

A matriz de confusão (Tabela 14) exibe a acurácia do modelo de identificação dos assobios por espécie. O modelo RF de identificação de assobios de odontocetos apresentou 64% de acerto nas previsões gerais de identificação de espécie de odontocetos. As melhores previsões de classificação de espécie foram para *S. guianensis* com 91% (9% OOB) de acerto nas identificações, *S. longirostris* com 84% (16% OOB) de acerto na detecção de espécie, *T. truncatus* com 48% (52% OOB) de acerto na previsão, *S. frontalis* com 45% (55% OOB) de acerto na estimativa, e *O. orca* com apenas 1% (99% OOB) de acerto na identificação dos assobios (Tabela 14).

O. orca e *S. frontalis* apresentaram assobios com características físicas similares. Com isso a identificação em nível de espécie ficou comprometida na previsão no classificador RF (Tabelas 14 e 15). Do total dos assobios de *O. orca* testados no modelo, 51% foram classificados como sendo da espécie correspondente e 48% identificou os assobios como se fossem de *S. frontalis* (Tabela 15). Para *S. guianensis*, *S. longirostris* e *T. truncatus*, o teste de

validação registrou significativa independência na previsão de classificação das espécies, com médias de acerto da previsão entre 81% e 93% (Tabela 15).

4.3. Descrição quantitativa do repertório acústico de assobios dos eventos de detecções

No total foram analisados 5.644 assobios em eventos de detecção sendo 1.512 no CSS e 4.132 no PEIA. As Tabelas 16 e 17 apresentam os valores dos parâmetros acústicos extraídos dos assobios de odontocetos detectados nos eventos de detecção no CSS e no PEIA, respectivamente.

4.4. Identificação dos eventos de detecção

Seguindo o critério de identificação em nível de espécie (PCA e o RF simultâneos), foram considerados cinco eventos de detecção para identificação (17% dos eventos de detecções) de odontocetos no MAP realizado no CSS. *S. guianensis* foi identificada como a espécie presente nos eventos de detecção 32, 33, 34, 35 e 37 (Tabela 18), com maior frequência no mês de julho e de setembro de 2017. Os eventos de detecção do CSS 17, 19, 21 e 25 não apresentaram assobios, apenas cliques de ecolocalização, em 14 minutos e 30 segundos de registros acústicos que não puderam ser classificados. Em relação ao MAP realizado no PEIA, 71 eventos de detecção (52%) foram identificados em nível de espécie (Tabela 19). A predominância das detecções identificadas foi relacionada a *S. guianensis*. Esta espécie esteve presente em praticamente todos os meses do ano, tendo picos de detecção entre os meses de julho e novembro. No evento de detecção 55, em julho de 2016, foram identificados os assobios de *S. frontalis*. Considerando os eventos de detecção identificados, *S. guianensis* esteve presente em praticamente todos os meses do ano, tendo picos de detecção entre os meses de julho e novembro. Não foi possível identificar a espécie nos eventos de detecção 3, 34, 68, 83, 91, 105, 120, 128, 135 e 144 do PEIA por conta da porcentagem de votação do modelo RF estar distribuída numa posição inferior ao critério de identificação do modelo RF de identificação de espécie. Estavam presentes somente cliques de ecolocalização em 16 eventos de detecção do PEIA (44, 45, 47, 66, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 94, 99, 108, 109, 110 e 130) que totalizaram 1 hora de 40 minutos de registros acústicos.

4.5. Detector acústico de assobios de odontocetos: banco de dados ampliado

Após a identificação em nível de espécie dos eventos de detecções decorrentes do MAP realizado nas áreas de estudo, os parâmetros acústicos dos assobios identificados foram

incorporados no modelo RF. Sendo assim, o banco de dados do detector acústico de identificação de odontocetos foi enriquecido com 3.274 assobios de *S. guianensis* (58% do total dos assobios identificados no MAP) e 12 assobios de *S. frontalis* (eventos de detecção identificados destacados em negrito nas Tabelas 18 e 19). No total foram considerados os assobios dos eventos de detecções identificados em nível de espécie e todos os assobios do banco de dados de identificação (Tabela 8) para treinar o novo detector acústico de assobios de odontocetos.

A melhor estimativa e estabilização do novo modelo RF foi definida com a utilização de valores 1000 (*n*tree) e 4 (*m*try). Os parâmetros mais significativos para a classificação, segundo a análise do MDA foram duração, frequência final, central, máxima, mínima e a inicial. A matriz de confusão (Tabela 20) exibe a acurácia do modelo de identificação dos assobios por espécie. O novo modelo RF de identificação de assobios de odontocetos apresentou 89% de acerto nas previsões de identificação de espécies de odontocetos. O novo modelo RF melhorou a acurácia de identificação de *S. guianensis* (2% OOB), diminuiu a acurácia de detecção de *S. longirostris* (27% OOB) e *S. frontalis* (73% OOB), e manteve o mesmo padrão de identificação para *T. truncatus* e *O. orca* (99% OOB) (Tabela 20).

4.6. MAP no PEIA em taxa de gravação de 288 kHz

Com o experimento de gravação acústica no PEIA utilizando taxa de frequência de amostragem (288 kHz) superior aos demais meses de MAP, verificou-se que não houve a presença de assobios que não seriam registrados no MAP em taxa de amostragem de 96 kHz. Foram detectados 18 eventos de detecção de cliques de ecolocalização em 38 minutos de registros acústicos que se assemelham aos cliques descritos para a toninha (*P. blainvillei*) em literatura (e.g. Melcón et al., 2012). Os cliques de ecolocalização possuem largura de banda entre 105-145 kHz. A Figura 44 exibe a representação da ecolocalização da toninha e a Tabela 21 demonstra as ocorrências dos eventos de detecção. Não foram identificados assobios nos eventos de detecção que estavam presentes os cliques de ecolocalização da toninha. As detecções ocorreram equilibradamente em períodos com ausência e presença de luz (Tabela 21).

5. Discussão

A avaliação do MAP realizado no CSS e no PEIA apresentou informações de relevância quanto à ocorrência de cetáceos odontocetos em duas regiões do litoral norte do Estado de São Paulo. Neste estudo foi possível apresentar uma avaliação da quantidade e da qualidade de dados obtidos, da autonomia de operação dos equipamentos de MAP, e das dimensões dos arquivos de áudio produzidos nas taxas de frequência de amostragem utilizadas. Mostrou-se também que é possível detectar o boto-cinza com elevado grau de confiança com base nos parâmetros acústicos investigados para a região investigada. Estes resultados podem ser úteis em médio prazo para refinar o conhecimento sobre o uso de área, a sazonalidade de ocorrências e potencialmente as identificações das espécies de cetáceos presentes neste setor do Atlântico Sul Ocidental. Para isso torna-se necessária a continuidade dessa avaliação nos próximos anos como vem ocorrendo em diversas outras bacias oceânicas (e.g. Mellinger & Clark, 1997; Oswald et al., 2003; Oswald et al., 2004; Deecke & Janik, 2006; Oswald et al., 2007; Gillespie et al., 2008; Yack et al., 2009; Baumgartner & Mussoline, 2011; Mellinger et al., 2011; Baumgartner et al., 2013; Gillespie et al., 2013; Hannay et al., 2013; Lin et al., 2013; Oswald & Oswald, 2013; Shamir et al., 2014; Oswald et al., 2015; Rankin et al., 2016; Erbs et al., 2017; Frasier et al., 2017; Klay et al. 2017). Todos esses estudos passaram pelo estágio inicial que aqui se apresenta para o setor da costa sudoeste do Atlântico Sul, marcando-se assim o pioneirismo regional para implementar-se um detector acústico de espécies de cetáceos odontocetos. A prioridade nos próximos passos é aprimorar a biblioteca regional de assobios de um número maior de espécies de odontocetos gravados com identificação visual, aprimorar o banco de dados das espécies já reportadas e apresentadas neste estudo e, em sequência, realizar novos testes para confirmar se esse caminho de análises ora pavimentado irá gerar maior robustez em suas validações futuras. Em médio prazo o MAP poderá caracterizar melhor os padrões de uso de área de cetáceos odontocetos na costa paulista. Em paralelo, torna-se necessário investir-se no banco de gravações à procura, identificação e análise das emissões sonoras dos mysticetos. Sendo a costa paulista uma zona de passagem de algumas espécies como a baleia-franca-austral (*E. australis*), a baleia-jubarte (*M. novaeangliae*), e a baleia-minke-comum (*Balaenoptera acutorostrata*) em migração no inverno e primavera, e de uso sazonal mais constante da baleia-de-Bryde (*Balaenoptera edeni*) em meses de primavera e verão (ver Santos et al., 2010; 2019), as perspectivas também são interessantes. Neste caso, o número de detecções deverá ser menor quando comparado aos cetáceos odontocetos em virtude de menor diversidade de espécies e respectivos números de indivíduos que podem usar a área, bem como a sazonalidade dos registros nessa região estar vinculada a processos migratórios.

A autonomia de funcionamento do equipamento de MAP utilizado neste estudo é dependente da programação de gravação do DSG, o que inclui a duração e o intervalo entre as gravações, a taxa de amostragem (kHz), e a capacidade de armazenamento dos registros acústicos na memória interna utilizada no equipamento (Tabela 1 e 2, Figuras 9 e 11). Pieretti *et al.* (2015) discutiram medidas temporais e rotinas de programação diversas para descrever os custos e os benefícios de diferentes desenhos de amostragem e na formação de um protocolo e de métricas aceitas internacionalmente para gravadores autônomos. Dentre as rotinas de programação testadas em um experimento de MAP em ambiente terrestre, a gravação de um minuto para cada quatro minutos de intervalo proporcionou o maior número de informações em relação a registros contínuos. Por esta razão foi efetuada uma modificação da programação de gravação a partir do segundo ano de coleta de dados no presente estudo, trazendo assim maior autonomia ao gravador acústico autônomo, reduzindo a frequência de visitas ao campo, e ainda fornecendo resultados confiáveis para o MAP de odontocetos nas regiões investigadas.

Outra vantagem do uso dessa forma de monitoramento reside no fato de que dados de ocorrência de cetáceos que anteriormente não estavam disponíveis aos investigadores que embarcaram à procura de cetáceos pela costa pelas condições de clima e mar, e pela ausência de luz, puderam ser trazidos ao conhecimento da ciência na região de estudo pela primeira vez. A maioria dos registros acústicos de odontocetos neste estudo ocorreu durante o período da noite e madrugada. Possivelmente alguns fatores podem se relacionar a este resultado observado. Ao longo do dia há maior movimentação de embarcações nas duas áreas de estudo e, com isso, potencialmente maior mascaramento das emissões sonoras dos odontocetos à distância. Com menor circulação proporcional de embarcações no período noturno, há maiores probabilidades de captura das emissões sonoras. Algumas espécies como o boto-cinza e a toninha notadamente evitam embarcações (Santos et al, 2000; Secchi et al., 2001; Rollo Jr et al., 2008; Martins et al., 2016) e assim, seriam menos detectadas visualmente ao longo do dia, já que nos dois setores onde os equipamentos foram fundeados há comum circulação de embarcações nas proximidades (Figura 1), com significativa maior frequência no CSS pela sua importância econômica ao país. Sendo o boto-cinza a espécie mais comumente reportada neste estudo, seria esperado que a mesma evitasse áreas com intensa circulação de embarcações ao longo do dia como o CSS, e circulasse com maior frequência neste setor na ausência de luz e potencialmente com menor frequência de embarcações. Outro fato que pode estar relacionado aos resultados observados concentra-se em um potencial aumento das emissões sonoras pelos odontocetos em período de ausência completa de luz para se comunicarem. Ao longo do dia, nas camadas superficiais da coluna d'água e em condições de boa visibilidade possivelmente

pode haver menor necessidade em emprego de energia para a comunicação quando os congêneres podem se observar nas proximidades uns dos outros. Odontocetos são altamente sociáveis e tendem a desenvolver estratégias de captura em grupo de presas para otimizar a relação custo-benefício de energia (Gygax, 2002; Heithaus & Dill, 2008).

A região do CSS sofre maiores pressões antropogênicas por abrigar um porto, o TEBAR e a balsa de travessias entre São Sebastião e Ilhabela. Estas influências antropogênicas reduzem a probabilidade de preferência de uso de área por odontocetos quando comparado ao PEIA. Esta relação foi confirmada com menores quantidades de eventos de detecção no CSS (30) em relação ao PEIA (137). A necessidade do uso e da exploração de combustíveis fósseis para o desenvolvimento econômico é globalmente acompanhado pelo aumento da frota de embarcações cargueiras e da indústria de petróleo e gás (Richardson et al., 1995; Johnson et al., 2007). Na última década, operações de embarcações no porto de São Sebastião aumentaram significativamente (Companhia Docas de São Sebastião, 2015). O acréscimo de influências antrópicas em áreas com populações de cetáceos possui efeitos cumulativos que reduzem a qualidade de habitats e, conseqüentemente, seu uso pelos mesmos (Jensen et al. 2009).

A maioria dos componentes das frequências dos ruídos subaquáticos gerados por embarcações é causado pela cavitação. O nível de ruído de cavitação possui ampla largura de espectro de frequência variando entre 0,2 e 40 kHz, com maior intensidade variando entre 2 e 12,5 kHz (Jensen et al., 2009). Em geral os assobios de odontocetos são emitidos em mesma faixa de frequência, entre 2 e 30 kHz (Lammers et al., 2003; Oswald et al., 2004; Morisaka & Connor, 2007; Parvin et al., 2007). A detecção de um sinal acústico é limitada pelos níveis de ruído do ambiente na mesma banda de frequência. A chance de um receptor detectar um sinal é dependente da presença e intensidade (dB) de interferências acústicas no meio (Gelfand, 2010). O mascaramento auditivo dos sinais de comunicação é uma das muitas conseqüências possíveis do aumento da presença de embarcações. Períodos prolongados de exposição são críticos para muitos odontocetos que dependem do som para obter informações do meio, para a detecção de presas e para a comunicação (Richardson et al., 1995).

A poluição acústica no ambiente marinho ocasiona estresse em indivíduos com capacidade sensorial mais aguda, causando danos temporários ou até mesmo permanentes em sua fisiologia e comportamento (Erbe et al., 2018), intraespecificamente pode ocorrer de maneira mais intensa para um grupo e menos para outras espécies. As interferências dos impactos gerados pelo aumento do tráfego de embarcações envolvem desde o risco de atropelamento, divisão de grupos altamente sociáveis que poderiam estar em atividade de

alimentação, reprodução ou descanso, até as consequências de falhas em localização e comunicação geradas pela poluição sonora. É sabido que indivíduos com maior sensibilidade a ruídos antrópicos se afastam de áreas de preferência devido ao aumento do distúrbio de ruídos antrópicos (Bejder et al., 2006). Uma vez que algumas populações de odontocetos fazem uso de águas costeiras das áreas MAP, é essencial avaliar e monitorar o tráfego de embarcações e ter conhecimento destas influências em populações residentes. Com base nesta preocupação, parte dos dados coletados a partir desse esforço de investigação foi canalizada à geração de um estudo específico relacionado às paisagens acústicas dos dois sítios de estudos (ver Martinelli, 2019).

Desde a elaboração do desenho amostral deste estudo era sabido que haveria maior probabilidade de detectar cetáceos no PEIA quando comparado ao CSS em função das distintas ocupações e usos antrópicos (Figura 1). Apesar dos equipamentos serem fundeados em profundidades próximas, eles foram acoplados a cabos em áreas com ambientes físicos distintos. No CSS foi utilizada uma estrutura de um fundeio em uso pelo IOUSP há um período superior a 19 anos e onde há uma frequência muito maior de uso por embarcações por se encontrar nas proximidades do centro do CSS. Já no PEIA, o fundeio estava localizado em uma semi-enseada protegida em área de proibição de pesca. Mesmo que embarcações trafeguem ao largo do PEIA ao longo do dia e da noite, o fluxo certamente é menos frequente em relação ao CSS (Figura 1). Não somente pela natureza dos locais com distintas propriedades acústicas de captação de sons, mas também pelo maior tráfego de embarcações no CSS, potencialmente haveria ruídos em comparações mais detalhadas envolvendo preferências e frequências de uso de área por cetáceos nos dois sítios. Em paralelo, como as principais emissões sonoras captadas e identificadas foram de botos-cinza, há o viés anteriormente exposto sobre a evitação de ruídos antrópicos por parte dessa espécie. Naturalmente pelas características acústicas dos dois sítios investigados, cetáceos tenderão a preferir o uso de áreas como o PEIA em detrimento ao CSS. Entretanto essas escolhas também passam obrigatoriamente por outros fatores como a disponibilidade de recurso alimentar, os ciclos de vida das presas, pelos níveis de tolerância das espécies em relação a fatores oceanográficos e às interações com outras espécies de cetáceos, pela proteção contra predadores, dentre outros ainda muito pouco investigados.

Este estudo mostrou que odontocetos estão presentes em todos os meses do ano ao redor do PEIA. Destacam-se as detecções relacionadas ao boto-cinza, cetáceo que ocorre praticamente em toda a costa brasileira, de Santa Catarina ao Amapá (Silva et al., 2010) e foi detectado ao longo de todo o ano nas cercanias do PEIA. Observações anteriores na mesma região apontaram para a presença de grupos formados por mais de 40 indivíduos no litoral norte

paulista (Figueiredo, 2017). Seriam esses grupos coesos e compostos pelos mesmos indivíduos nessa faixa litorânea? A detecção anual desses botos indicam um caminho para a avaliação da existência de possíveis padrões individuais de residência naquele setor. Botos-cinza são tímidos em relação à presença humana (Santos et al., 2000) e em áreas onde a ocupação humana gerou perda de habitat, poluição sonora expressiva e contaminação do meio como a baixada santista e a Baía de Guanabara, as populações desapareceram ou declinaram sensivelmente (Azevedo et al., 2017; Santos et al., 2019). Em termos de investigações de estruturas sociais de boto-cinza, o litoral norte indica um caminho promissor para novas informações. É sabido que há uma tendência globalizada para formação de grupos de menor composição numérica de indivíduos em águas protegidas como estuários, baías e enseadas quando comparado a águas abertas (Gygax, 2002). Para o boto-cinza em águas estuarinas da costa brasileira há este conhecimento sobre composição de grupos de menores tamanhos em águas protegidas quando comparado a águas abertas (Santos & Rosso, 2007), bem como refinamentos sobre o nível de sociabilidade de algumas populações (e.g. Santos & Rosso, 2008; Dias et al., 2009; Beirão-Campos et al., 2016). Sabendo-se da presença anual do boto-cinza em águas costeiras do litoral norte paulista por este estudo, recomenda-se que sejam investidos esforços de investigação para avaliar tamanho e composição dos grupos, bem como sua estrutura social naquele setor.

O posicionamento dos fundeios (Figura 2) induziu ao maior registro de emissões sonoras das espécies de odontocetos comumente encontradas na faixa litorânea como o boto-cinza. Figueiredo (2017) apresentou mapas de distribuição gerados por modelagem de nicho a partir de dimensões físicas do meio para identificar preferências de uso de área de seis espécies de cetáceos na costa paulista, a saber: *S. guianensis*, *P. blainvillei*, *S. frontalis*, *T. truncatus*, *S. bredanensis*, e *B. edeni*. Naquele estudo foi evidenciado que os botos-cinza e as toninhas estão ocupando a faixa litorânea de águas mais rasas mais próxima à costa, enquanto as demais espécies têm maior incidência de uso de águas em uma faixa um pouco mais distante da linha de costa, um pouco mais profunda do que as águas utilizadas preferencialmente por botos-cinza e toninhas. Com base neste conhecimento, há maior probabilidade de detecção pelos equipamentos utilizados neste estudo de emissões sonoras geradas pelo boto-cinza e pela toninha. Assobios de botos-cinza representaram a maior frequência de registros efetuados nos dois sítios (Tabelas 18 e 19).

Pouco se sabe a respeito do repertório acústico de *P. blainvillei*. Com recursos tecnológicos limitados de gravação disponíveis na época, Busnel et al. (1974) obtiveram os primeiros registros de cliques de ecolocalização de alguns indivíduos de ambiente natural no

Uruguai. Mélcon et al. (2012 e 2016) analisaram cliques de ecolocalização de toninhas do estuário do Rio Negro, Argentina. Foram registrados picos de frequência de 142 kHz, largura de banda estreita (19 kHz) e variação de frequência entre 130 e 149 kHz. Para estudo de descrição dos cliques de ecolocalização e de “*burst pulse*” de toninhas é indicado taxa de amostragem superior a 288 kHz. Para analisar a ontogenia dos sinais acústicos emitidos pela espécie, Tellechea e Norbis (2014) registraram em cativeiro cliques de ecolocalização de neonatos de toninhas de duas semanas de vida. Tellechea et al. (2017) analisaram cliques de ecolocalização e “*burst pulse*” de toninhas da região de Santa Lucia del Este, do estuário Rio de la Plata, Uruguai. Até aquele momento o uso de sinais acústicos para a comunicação, como exemplo os assobios, eram desconhecidos para a espécie. Cremer et al. (2017) descreveram pela primeira vez assobios de *P. blainvillei* no estuário da Baía de Babitonga em Santa Catarina. Os assobios foram produzidos em frequências entre 0,7 e 23 kHz, com duração entre 0,02 e 0,32 s. Caso as toninhas do litoral norte do Estado de São Paulo emitam assobios nas frequências descritas, possivelmente seriam registrados pelo MAP realizado em taxa de frequência de 96 kHz. Para que esta hipótese possa se confirmar, é necessário aprimorar a investigação em respeito ao repertório acústico desta espécie ao longo de sua distribuição.

Por este motivo, ao longo desse estudo, optou-se por investir em um experimento no PEIA com o uso de um DSG com limite de frequência de gravação até 288 kHz por um mês. Naquela ocasião foram detectados apenas trens de ecolocalização (Figura 44) com características muito semelhantes aos mesmos trens descritos em literatura (Mélcon et al., 2012). Ainda há muitas limitações em se utilizar trens de ecolocalização para identificar espécies de odontocetos (Roberts & Read, 2014; Le Bot et al., 2015; Frasier et al., 2017). Por essa razão não foi possível identificar com precisão a presença de toninhas nas áreas de estudo, bem como não foi possível identificar os autores dos trens de ecolocalização reportados no PEIA (Tabela 21). Neste estudo não foram detectados assobios de toninhas simultâneos aos eventos de cliques de ecolocalização. Em face desse desafio e dos resultados aqui alcançados, encontra-se em operação um estudo centrado em detectar possíveis assobios de toninhas no litoral norte paulista utilizando a frequência de gravação de 288 kHz. Com vistas a aprimorar o detector de emissões sonoras aqui apresentado, também encontra-se em curso a realização de esforços de observação para incrementar a biblioteca de sons de cetáceos encontrados na região de estudo, bem como detectar as espécies acima descritas em um MAP que vem sendo realizado na faixa onde a modelagem de nicho indicou preferência de uso às mesmas. Por essas razões este estudo evitou avançar na avaliação de aspectos de uso de área de cetáceos odontocetos pelas limitações apresentadas para identificar algumas das espécies, bem como por ainda

representar uma fase inicial de estruturação e estabelecimento de um detector e identificador de emissões sonoras dessas espécies.

Nos limites norte e sul da distribuição do boto-cinza há registros de interações com golfinhos-nariz-de-garrafa (Wedekin et al., 2004; Acevedo-Gutiérrez et al., 2005). Nessas interações os autores afirmaram que golfinhos-nariz-de-garrafa tenderam a ser mais territorialistas e, assim, incitaram comportamentos agressivos perante os botos-cinza. Até o presente momento não há registros dessas interações no litoral paulista, mesmo considerando que ambas espécies foram previamente reportadas em mesmas áreas costeiras de uso (Figueiredo, 2017). Caso essas interações antagonísticas por parte dos golfinhos-nariz-de-garrafa ocorram na região de estudo, há possibilidade de que este seja mais um fator relacionado à preferência de uso pelo boto-cinza em águas mais rasas neste setor, evitando-se encontros com os golfinhos-nariz-de-garrafa comumente encontrados em águas mais afastadas da costa.

Entender como o som se propaga é essencial para uma avaliação confiável da área coberta pelo MAP. Parvin et al. (2007) estimaram o intervalo de detecção máxima em termos de distância para algumas espécies de mamíferos adaptados ao meio aquático. Para realizar uma estimativa precisa das distâncias prováveis de detecção monitoradas acusticamente no CSS e no PEIA seria preciso a coleta de variáveis físicas do meio durante os registros acústicos e que não foram efetuadas. Considerando as previsões de Parvin et al. (2007) para a detecção de odontocetos, provavelmente para os eventos de detecção registrados no MAP realizado no CSS e no PEIA as fontes emissoras detectadas encontraram-se até 1000 m dos gravadores autônomos. Thomsen et al. (2001) obtiveram detectabilidade dos assobios de *O. orca* residentes ao redor da Ilha de Vancouver, na Columbia Britânica, a uma distância inferior a 500 m. Estima-se que a energia investida pela fonte emissora para a produção dos assobios de *T. truncatus* seja de 173 dB re 1 μ Pa (em relação a 1 m da fonte emissora), proporcionando-lhes um alcance de pelo menos 1 km de detecção (Richardson et al., 1995). Recomenda-se avaliar esses parâmetros em estudos futuros no intuito de refinar melhor o conhecimento gerado.

Mesmo que qualquer odontoceto emissor de som esteja no limite de detecção do MAP, há a possibilidade de não haver detecção quando os sinais acústicos não foram emitidos durante o intervalo de duração da gravação do MAP, ou o equipamento encontrava-se em modo de pausa durante o intervalo entre as gravações programadas quando o emissor vocalizou, quando o(s) indivíduo(s) vocalizou/vocalizaram mas com intensidade insuficiente para detecção, quando o ruído acústico no ambiente tampona o som emitido pelo cetáceo emissor, quando o emissor vocaliza porém fora da capacidade de alcance do registro acústico do gravador

autônomo, ou quando a vocalização é emitida em frequência superior à taxa monitorada. São muitas as variáveis envolvidas que, a depender dos objetivos do MAP, certamente terão maior ou menor peso nas análises dos dados. Para os objetivos do presente estudo certamente não tiveram influência significativa pois os passos iniciais para o estabelecimento de um detector de cetáceos na região de estudo foram consolidados. É sabido também que algumas espécies raramente vocalizam, como deve ser o caso das toninhas, e que para muitas delas as vocalizações são temporais e espacialmente produzidas (Todd et al., 2015). Esses são desafios que o MAP deverá encarar nos próximos anos para solucionar potenciais ausências de evidências de uso de área por algumas espécies de cetáceos.

As médias dos parâmetros acústicos dos sinais acústicos das espécies de odontocetos da biblioteca de identificação foram apresentados individualmente por espécie, juntamente com as médias de variáveis acústicas de populações de outras localidades (Tabela 9, 10, 11, 12 e 13, e as Figuras 39, 40, 41, 42 e 43). Com esta comparação verificou-se que o repertório acústico de *T. truncatus* deste estudo é semelhante ao de populações da quebra da plataforma continental do Oceano Atlântico Sul ocidental (Andriolo et al., 2018) e da costa do Rio de Janeiro (Lima et al., 2016). Assim como os assobios de *S. frontalis* deste estudo se aproximaram aos descritos por Azevedo et al. (2010) obtidos na costa do Rio de Janeiro. Não houve correlação entre os valores extraídos do repertório acústico de *O. orca* em relação aos estudos avaliados. O repertório acústico de *S. longirostris* aqui apresentado se aproximou dos assobios da população registrada por Andriolo et al. (2018) em região oceânica do Oceano Atlântico Sul ocidental. Quando considerada a média dos parâmetros acústicos dos assobios de *S. guianensis* de populações da região sul e norte da costa brasileira, os valores apresentados em relação a esta espécie se aproximaram às médias apresentadas por Azevedo & Van Sluys (2005). Essas constatações são relevantes quando se considera a ampliação dessa biblioteca para uma porção mais extensa da costa sudoeste do Atlântico Sul.

O modelo RF de identificação de assobios de odontocetos supervisionado previu com sucesso 64% dos casos. O modelo de RF fornece benefícios adicionais em relação aos modelos CART. Como exemplo possui melhor estabilidade e maior precisão de classificação (Sirosky, 2009). Para documentar todo o repertório de uma espécie, o cenário ideal é incorporar muitos indivíduos diferentes em uma variedade de contextos comportamentais (Webster et al., 2016). O repertório acústico das espécies que compõem a biblioteca de identificação deste estudo foi registrado em potenciais distintos contextos comportamentais dada a dificuldade em avaliar estados comportamentais em cetáceos em seu elemento com observações limitadas pela

superfície da água. Seguir reportando emissões sonoras dessas espécies na área de estudo irá naturalmente proporcionar um aumento no leque de obtenção de registros em distintos comportamentos.

O contorno espectral de emissões sonoras de cetáceos odontocetos serviu de base dentre as primeiras avaliações para identificações de espécies (Steiner, 1981; Richardson et al., 1995). Identificar espécies a partir do contorno espectral usando analistas humanos é subjetivo (Baumgartner & Mussoline, 2011). A classificação de sons por meio de medidas estatísticas de similaridade evita questões de percepção, é objetiva e replicável, e conta com regras de decisão transparentes (Deecke et al., 1999; Deecke & Janik, 2006; Baumgartner & Mussoline, 2011). Este tipo de abordagem estatística também facilita estudos comparativos de sinais acústicos emitidos por populações de diferentes habitats e áreas geográficas. A fraqueza da abordagem estatística é que, sem informações sobre o contexto comportamental, a classificação de chamadas resultantes pode não ser significativa, uma vez que apenas as propriedades físicas dos sinais são avaliadas (Deecke et al., 1999).

O método de análise de RF usado neste estudo permite avaliar as variáveis mais apropriadas para serem usadas na classificação de identificação de espécies de odontocetos. Os parâmetros mais significativos para a classificação em ordem de importância foram a duração, e as frequências final, mínima, central e a delta. As melhores previsões de classificação no modelo RF de espécie neste estudo estiveram concentradas no boto-cinza com 91% de efetividade nas identificações e para o golfinho-rotador com 84% de acerto na detecção de espécie. Como mencionado anteriormente, as demais espécies investigadas possuem assobios com características físicas similares e este fato compromete a previsão do modelo de identificação de espécies de RF na área de estudo. O maior aporte de gravações de sons dessas e de outras espécies comumente encontradas na área de estudo deverá proporcionar um refinamento aos acertos de detecção, otimizando o uso dessa ferramenta para investir em MAP de cetáceos odontocetos.

Há eventos de detecção não identificados pelo modelo RF que provavelmente por não possuíam registros suficientes no banco de dados que levassem à correlação entre as variáveis comparadas. Os eventos de detecção registrados no PEIA 3, 34, 68, 83, 91, 105, 120, 128, 135, 144 não foram identificados por apresentarem porcentagem < 50% na análise do modelo RF, indicando correlação entre as variáveis testadas em relação a mais de uma espécie de odontocetos do banco de dados. Há possibilidade de haver registros simultâneos de duas espécies de cetáceos odontocetos nos eventos de detecção do PEIA 68, 83, 128, 135 e 144, não

necessariamente relacionados à detecção da presença de grupos mistos. Pelo fato de haver menor acerto de detecção de outras espécies usualmente comuns na área de estudo, seria prematuro especular quais seriam essas outras espécies além do boto-cinza.

O novo modelo RF de identificação de assobios de odontocetos apresentou 89% de acerto nas previsões de identificação de espécie de odontocetos. O novo modelo RF melhorou em 26% a taxa de acerto com a implementação do banco de dados, em destaque para *S. guianensis* com 98% de previsões corretas. Salienta-se a necessidade da continuidade de obtenção de registros acústicos de assobios de odontocetos simultâneos com identificação visual para que os novos dados sejam descritos acusticamente e incorporados ao modelo de RF de identificação de assobios de odontocetos. Medições confiáveis e replicáveis das características dos assobios são cruciais para o desenvolvimento de sistemas de monitoramento passivo e de algoritmos de classificação de assobios (Webster et al., 2016). A descrição do repertório acústico dos odontocetos presentes no Oceano Atlântico Sul é um passo crucial para o desenvolvimento de um sistema de classificação capaz de determinar a presença, distribuição, uso de área e abundância de espécies registradas passivamente.

6. Conclusões

Desenvolveu-se um classificador de sinais de assobios de odontocetos da costa do Estado de São Paulo. O detector desenvolvido é efetivo, destaque para a identificação do boto-cinza, *Sotalia guianensis*. Gerou-se subsídios para o desenvolvimento de um monitoramento acústico passivo de cetáceos na costa sudeste do Atlântico Sul. O Parque Estadual da Ilha Anchieta é utilizado com mais frequência pelos odontocetos do que em relação ao Canal de São Sebastião. O boto-cinza faz uso de área no Parque Estadual da Ilha Anchieta durante todos os meses do ano. Para o monitoramento acústico passivo e descrição da ecolocalização de toninhas, *Pontoporia blainvilei*, é indicado utilizar taxa de gravação > 288 kHz.

7. Referências Bibliográficas

Acevedo-Gutiérrez, A.; DiBerardinis, A.; Larkin, S.; Larkin, K.; Forestell, P. 2005. Social interactions between tucuxis and bottlenose dolphins in Gandoca-Manzanillo, Costa Rica. Latin American Journal of Aquatic Mammals, v. 4, n. 1, p. 49-54.

- Alves, B.G.R.; Guth, A.Z.; Bicego, M.C.; Gaeta, S.A.; Sumida, P.Y.G. 2014. Benthic community structure and organic matter variation in response to oceanographic events on the Brazilian SE inner shelf. *Continental Shelf Research*, v. 85, 106-116.
- Amorim, T.O.S.; Andriolo, A.; Reis, S.S.; Dos Santos, M.E. 2016. Vocalizations of Amazon river dolphins (*Inia geoffrensis*): Characterization, effect of physical environment and differences between populations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 139, p. 1285-1293.
- Andersen, S. 1970. Auditory sensitivity of the harbor porpoise, *Phocoena phocoena*. *Investigations on Cetacea*, v. 2, p. 255-291.
- Andrade, L.G.; Bisi, T.L.; Lailson-Brito, J.Jr.; Azevedo, A.F. 2017. Burst pulses of Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) in southeastern Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 141, p. 2947-2956.
- Andrade, L.G.; Lima, I.M.S.; Bittencourt, L.; Bisi, T.L.; Brito Júnior, J.L.; Azevedo, A.F. 2015. High-frequency whistles of Guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 137, n. 1, p. 15-19.
- Andrade, L.G.; Lima, I.M.S.; Macedo, H.S.; Carvalho, R.R.; Lailson-Brito, J.Jr.; Flach, L.; Azevedo, A.F. 2014. Variation in Guiana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles: using a broadband recording system to analyze acoustic parameters in three areas of southeastern Brazil. *Acta Ethologica*, v. 18, n. 1, p. 47-57.
- Andriolo, A. Reis, S.S.; Amorim, T.O.S. 2015. Killer whale (*Orcinus orca*) whistles from the western South Atlantic Ocean include high frequency signals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 138, p. 1696-1701.
- Andriolo, A.; Castro, F.R.; Amorim, T.; Miranda, G.; Di Tullio, J.; Moron, J.; Ribeiro, B.; Ramos, G.; Mendes, R.R. 2018. Marine Mammal Bioacoustics using towed array systems in the Western South Atlantic Ocean. In: Rossi-Santos, M.R.; Finkl, C.W. *Advances in Marine Vertebrate Research in Latin America*, Coastal Research Library 22, Springer International Publishing, p. 113-147.
- Armitage, D.W.; Ober, H.K. 2010. A comparison of supervised learning techniques in the classification of bat echolocation calls. *Ecological Informatics*, v. 5, p. 465-473.
- Au, W.W.L. 2004. Echolocation signals of wild dolphins. *Acoustic Physical*, v. 50, p. 454-462.
- Azevedo, A.F.; Carvalho, R.R.; Kajin, M.; Van Sluys, M.; Bisi, T.L.; Cunha, H.A.; Lailson-Brito, J. 2017. The first confirmed decline of a delphinid population from Brazilian Waters: 2000-2015 abundance of *Sotalia guianensis* in Guanabara Bay, South-eastern Brazil. *Ecological Indicators*, v. 79, p. 1-10.
- Azevedo, A.F.; Flach, L.; Bisi, T.L.; Andrade, L.G.; Dorneles, P.R.; Lailson-Brito, J. 2010. Whistles emitted by Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) in southeastern Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 127, n.4, p. 2646-2651.

- Azevedo, A.F.; Oliveira, A.M.; Rosa, L.D.; Lailson-Brito, J. 2007. Characteristics of whistles from resident bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in southern Brazil. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 121, p. 2978.
- Azevedo, A.F.; Simão, S.M. 2002. Whistles produced by marine tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Guanabara Bay, southeastern Brazil. Aquatic Mammals, v. 28, n. 3, p. 261-266.
- Azevedo, A.F.; Van Sluys, M. 2005. Whistles of tucuxi dolphins (*Sotalia fluviatilis*) in Brazil: Comparisons among populations. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 117, p. 1456.
- Baron, S.C.; Martinez, A.; Garrison, L.P.; Keith, E.O. 2008. Differences in acoustic signals from Delphinids in the western North Atlantic and northern Gulf of Mexico. Marine Mammal Science, v. 24, n. 1, p. 42-56.
- Baumgartner, M.F.; Mussoline, S.E. 2011. A generalized baleen whale call detection and classification system. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 129, p. 2889-2902.
- Baumgartner, M.F.; Fratantoni, D.M.; Hurst, T.P.; Brown, M.W.; Cole, T.V.N.; Van Parijs, S.M.; Johnson, M. 2013. Real-time reporting of baleen whale passive acoustic detections from ocean gliders. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 134, n. 3, p. 1814-1823.
- Bazúa-Durán, C.; Au, W.W.L. 2002. The whistles of Hawai'ian spinner dolphins. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 112, p. 3064-3072.
- Beirão-Campos, L.; Cantor, M.; Flach, L.; Simões-Lopes, P.C. 2016. Guiana dolphins form social modules in a large population with high ranging overlap and small demographic changes. Behavioral Ecology and Sociobiology, v. 70, p. 1821-1830.
- Berta, A.; Sumich, L.S.; Kovacs, K.M.; Folkons, P.A.; Adam, P.J. 2006. Sound production for communication, echolocation and prey capture. In: Berta, A.; Sumich, L.S.; Kovacs, K.M.; Folkons, P.A.; Adam, P.J. Marine Mammals: Evolutionary Biology. 2º ed, Academic Press, New York, p. 270-311.
- Bioacoustics Research Program. 2015. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software Version 1.5. [Computer software]. Ithaca, New York: The Cornell Lab of Ornithology. Disponível em: www.birds.cornell.edu/raven, acessado em: 11/06/19.
- Bejder, L.; Samuels, A.; Whitehead, H.; Gales, N.; Mann, J.; Connor, R.; Heithaus, M.; Watson-Capps, J.; Flaherty, C.; Krutzen, M. 2006. Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to longterm disturbance. Conservation Biology, v. 20, p. 1791-1798.
- Breiman, L. 2001. Random Forest. Machine Learning, v. 45, p. 5-32.
- Briggs, F.; Lakshminarayanan, B.; Neal, L. Fern, X.; Raich, R.; Hadley, S.; Hadley, A.; Betts, M. 2012. Acoustic classification of multiple simultaneous bird species: A multi-instance multi-label approach. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 131, p. 4640-4650.

- Busnel, R. G.; Dziedziec, A.; Alcuri, G. 1974. Preliminary studies of acoustic signals of *Pontoporia blainvillei*, Gervais et d'Orbigny (Cetacea, Platanistidae). *Mammalia*, v. 38, p. 449-459.
- Caldas-Morgan, M.; Alvarez-Rosario, A.; Padovese, L.R. 2015. An autonomous underwater recorder based on a single board computer. *Plos One*, v. 10, n. 6, p. 1-18.
- Castro-Filho, B.M.; Miranda, L.B.; Miyao, S.Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 35, p. 135-151.
- Castro, B.M.; Miranda, L.B.; Silva, L.S.; Fontes, R.F.C.; Pereira, A.F.; Coelho, A.L. 2008. Processos Físicos: Hidrografia, circulação e transporte. In: Pires-Vanin, A.M.S. *Oceanografia de um Ecossistema subtropical: Plataforma de São Sebastião*, SP. EdUSP: Editora da Universidade de São Paulo, p. 59-121.
- Campbell, G.S. 2004. Quantitative comparison of bottlenose dolphin (*Tursiops spp.*) whistles from three geographic regions. Dissertação apresentada na University of State of San Diego, 93pp.
- Camargo, F.S.; Rollo, Jr, M.M.; Giampaoli, V.; Bellini, C. 2006. Whistle variability in South Atlantic spinner dolphins from the Fernando de Noronha Archipelago off Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 120, n. 6, p. 4071-4079
- Clark, C.W. 1982. The acoustic repertoire of the southern right whale: A quantitative analysis. *Animal Behaviour*, v. 30, n. 4, p. 1060-1071.
- Committee on Taxonomy. 2018. List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy, disponível em: www.marinemammalscience.org, consultado em 10/06/2019.
- Companhia Docas de São Sebastião. 2015. Movimentação de embarcações porto organizado de São Sebastião. São Sebastião, SP, Brasil: Companhia Docas de São Sebastião.
- Cremer, M.J.; Holz, A.C.; Bordino, P.; Wells, R.S.; Simões-Lopes, P.C. 2017. Social sounds produced by franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Cetartiodactyla, Pontoporiidae). *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 141, n. 3, p. 2047-2054.
- Dias, L.A.; Herzing, D.; Flach, L. 2009. Aggregations of guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, south-eastern Brazil: distribution patterns and ecological characteristics. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 89, n. 5, p. 967-973.
- Deconto, L.S.; Monteiro-Filho, E.L.A. 2013. High initial and minimum frequencies of *Sotalia guianensis* whistles in the southeast and south of Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 134, p. 3899-3904.

- Deconto, L.S.; Monteiro-Filho, E.L.A. 2015. Day and night sounds of the Guiana dolphin, *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in southeastern Brazil. *Acta Ethologica*, v. 19, n. 1, p. 61-68.
- Deconto, L.S.; Monteiro-Filho, E.L.A. 2019. Differences in the sounds of Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea: Delphinidae) between two areas of south-eastern and southern Brazil. *Bioacoustics*, v. 28, n. 1, p. 26-41.
- Deecke, V.B.; Ford, J.K.B.; Spong, P. 1999. Quantifying complex patterns of bioacoustic variation: Use of a neural network to compare killer whale (*Orcinus orca*) dialects. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 105, p. 2499-2507.
- Deecke, V.B.; Janik, V.M. 2006. Automated categorization of bioacoustic signals: Avoiding perceptual pitfalls. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 119, p. 645-653.
- De Léo, F.C.; Pires-Vanin, A.M.S. 2006. Benthic megafauna communities under the influence of the South Atlantic Central Water intrusion onto the Brazilian SE shelf: A comparison between an upwelling and a non-upwelling ecosystem. *Journal of Marine Systems*, v. 60, p. 268-284.
- Dewar, W.K.; Bingham, R.J.; Iverson, R.L. 2006. Does the marine biosphere mix the ocean? *Journal of Marine Research*, v. 64, p. 541-561.
- Dombroski, J.R.G.; Parks, S.E.; Groch, K.R.; Flores, P.A.C.; Sousa-Lima, R.S. 2016. Vocalizations produced by southern right whale (*Eubalaena australis*) mother-calf pairs in a calving ground off Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 140, p. 1850-1857.
- Dombroski, J.R.G.; Parks, S.E.; Groch, K.R.; Flores, P.A.C.; Sousa-Lima, R.S.; 2017. Upcall production by southern right whale (*Eubalaena australis*) mother-calf pairs may be independent of diel period in a nursery area. *Marine Mammal Science*, v. 33, n. 2, p. 669-677.
- Driscoll, A.D. 1995. The whistles of Hawaiian spinner dolphins, *Stenella longirostris*. Dissertação apresentada na University of California, 130pp.
- Dreher, J.J.; Evans, W.E. 1964. Cetacean communication. In: Tavalga, W.N., *Marine bioacoustics*. A Pergamon press book, New York, p. 373-393.
- Erbe, C.; Dunlop, R.; Dolman, S. 2018. Effects of Noise on Marine Mammals. In: Slabbekoorn, H.; Dooling, R.J.; Popper, A.N.; Fay, R.R. *Effects of Anthropogenic Noise on Animals*. Springer Handbook of Auditory Research, New York, p. 277-309.
- Erber, C.; Simão, S.M. 2004. Analysis of whistles produced by the Tucuxi dolphin *Sotalia fluviatilis* from Sepetiba Bay, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 76, p. 381-385.

Erbs, F.; Elwen, S.H.; Gridley, T. 2017. Automatic classification of whistles from coastal dolphins of the southern African subregion. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 141, n. 4, p. 2489-2500.

Evans, W. 1973. Echolocation by marine delphinids and one species of freshwater dolphin. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 54, p. 191-199.

Figueiredo, G.C. 2017. Cetáceos na costa sudeste do Brasil: ocorrência, distribuição e inferência de nicho. Dissertação apresentada no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 81pp.

Frasier, K.E.; Roch, M.A.; Soldevilla, M.S.; Wiggins, S.M.; Garrison, L.P.; Hildebrand, J.A. 2017. Automated classification of dolphin echolocation click types from the Gulf of Mexico. *PLOS Computational Biology*, v. 13, n. 12, 1-23.

Gelfand, S.A. 2010. *Hearing: An introduction to psychological and physiological acoustics*. 5^o ed informa, New York, p. 187-216.

Gillespie, D.; Caillat, M.; Gordon, J.; White, P. 2013. Automatic detection and classification of odontocete whistles. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 134, n. 3, p. 2427-2437.

Gillespie, D.; Mellinger, D.; Gordon, J.; McLaren, D.; Redmond, P.; McHugh, R.; Trinder, P.; Deng, X.; Thode, A. 2008. PAMGUARD: semiautomated, open source software for real-time acoustic detection and localization of cetaceans. *The Journal of Acoustical Society of America*, v. 124, p. 54-62.

Griffin, D.R.; Novick, A. 1955. Acoustic orientation of neotropical bats. *Journal of Experimental Zoology*, v. 130, p. 251-300.

Gygax, L. 2002. Evolution of group size in the dolphins and porpoises: Interspecific consistency of intraspecific patterns. *Behavioral Ecology*, v. 13, p. 583-590.

Hall, J.D.; Johnson, C.S. 1971. Auditory thresholds of a killer whale. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 51, p. 515-517.

Heithaus, M.R.; Dill, L.M. 2008, Feeding Strategies and Tactics. In: Perrin, W.F.; Wursig, B.; Thewissen, J.G.M. *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2^o Ed, Elsevier, Amsterdam, 414-423.

Helweg, D.A.; Frankel, A.S.; Mobley, J.R.; Herman, L.M. 1992. Humpback whale song: our current understanding. In: Thomas, J.; Kastelein, R.; Supin, A. *Sensory systems of Marine Mammals*. Plenum Press, New York, p. 459-483.

Henderson, E.E.; Hildebrand, J.A.; Smith, M.H. 2011. Classification of behavior using vocalizations of Pacific White-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, v.130, p. 557-567.

- Jensen, F.H.; Bejder, L.; Wahlberg, M.; Aguilar Soto, N.; Johnson, M.; Madsen, P.T. 2009. Vessel noise effects on delphinid communication. *Marine Ecology Progress Series*, v. 395, p. 161-175.
- Johnson, C.S. 1967. Sound detection thresholds in marine mammals. In: Tavorla, W. *Marine bioacoustics*, Pergamon Press, New York, p. 247-260.
- Johnson, S.R.; Richardson, W.J.; Yazvenko, S.B.; Blokhin, S.A.; Gailey, G.; Jenkerson, M.R.; Meier, S.K.; Melton, H.R.; Newcomer, N.W.; Perlov, A.S.; Rutenko, S.A.; Wursig, B.; Martin, C.R.; Egging, D.E. 2007. A western gray whale mitigation and monitoring program for a 3-D seismic survey, Sakhalin Island, Russia. *Environmental Monitoring Assessment*, v. 134, n. 1-3, p. 1-19.
- Johnston, P.; Wyatt, R. 2015. Remote passive acoustic monitoring (RPAM): Listening for whales and dolphins from the safety of land. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, v. 44, n. 12, p. 1946-1950.
- Klay, J.; Mellinger, D.K.; Moretti, D.J.; Martin, S.W.; Roch, M.A. 2017. Advanced methods for passive acoustic detection, classification, and localization of marine mammals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 141, p. 3604-3625.
- Katsuragawa, M.; Dias, J.F.; Harari, J.; Namiki, C.; Zani-Teixeira, M.L. 2014. Patterns in larval fish assemblages under the influence of the Brazil current. *Continental Shelf Research*, v. 89, p. 103-117.
- Kellogg, W.N.; Kohler, R.; Morris, H.N. 1953. Porpoise sounds as sonar signals. *Science*, v. 117, p. 239-243.
- Lammers, M.O.; Au, W.W.; Herzing, D.L. 2003. The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. *The Journal of Acoustic Society America*, v. 114, n. 3, p. 1629-1639.
- Lavery, T.J.; Roudnew, B.; Gill, P. 2010. Iron defecation by sperm whales stimulates carbon export in the Southern Ocean. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 277, p. 3527-3531.
- Lavery, T.J.; Roudnew, B.; Seymour, J. 2014. Whales sustain fisheries: blue whales stimulate primary production in the Southern Ocean. *Marine Mammal Science*, v. 30, n. 3, p. 888-904.
- Le Bot, O.; Mars, J.I.; Gervaise, C.; Simard, Y. 2015. Rhythmic analysis for click train detection and source separation with examples on beluga whales. *Applied Acoustics*, Elsevier, v. 95, p. 37-49.
- Liaw, A.; Wiener, M. 2002. Classification and regression by random Forest. *R news*, v. 2, n. 3, p. 18-22.
- Lima, I.M.S.; Andrade, L.G.; Bittencourt, L.; Bisi, T.L.; Flach, L.; Lailson-Brito, J.; Azevedo, A.F. 2016. Whistle comparison of four delphinid species in Southeastern Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 139, 124-127.

- Lima, I.M.S.; Andrade, L.G.; Carvalho, R.R.; Lailson-Brito, J.; Azevedo, A.F. 2012. Characteristics of whistles from rough-toothed dolphins (*Steno brendanensis*) in Rio de Janeiro coast, southern Brazil. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 131, n. 5, p. 4173-4181.
- Lin, T.H.; Chou, L.S.; Akamatsu, T.; Chan, H.C.; Chen, C.F. 2013. An automatic detection algorithm for extracting the representative frequency of cetacean tonal sounds. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 134, n. 3, p. 2477-2485.
- Mantelatto, F.L.M.; Faria, F.C.R.; Garcia, R.B. 2003. Biological aspects of *Mithraculus forceps* (Brachyura: Mithracidae) from Anchieta Island, Ubatuba, Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 83, p. 789-791.
- Marine Traffic. 2019. Marine Traffic. Disponível em: www.marinetraffic.com.br, Acessado em: 11/06/19.
- Martinelli, A. 2019. Caracterização do espaço acústico em dois habitats da costa paulista. Dissertação apresentada no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 103pp.
- Martins, D.T.L.; Rossi-Santos, M.R.; Silva, F.J.D. 2016. Effects of anthropogenic noise on the acoustic behaviour of *Sotalia guianensis* (Van Bénèden, 1864) in Pipa, North-eastern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 98, p. 1-8.
- Marques, T.A.; Thomas, L.; Martin, S.W.; Mellinger, D.K.; Ward, J.A.; Moretti, D.J. Harris, D.; Tyack, P.L. 2013. Estimating animals population density using passive acoustic. Biological Reviews, v. 88, p. 287-309.
- Marques, T.A.; Thomas, L.; Ward, J.; DiMarzio, N.; Tyack, P.L. 2009. Estimating cetacean population density using fixed passive acoustic sensors: An example with Blainville's beaked whales. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 125, p. 1982-1994.
- May-Collado, L.J.; Wartzok, D. 2008. A comparison of bottlenose dolphin whistles in the Atlantic ocean: factors promoting whistle variation. Journal of Mammalogy, v. 89, n. 5, p. 1229-1240.
- May-Collado, L.J.; Wartzok, D. 2009. A characterization of Guyana dolphin (*Sotalia guianensis*) whistles from Costa Rica: The importance of broadband recording systems. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 125, n. 2, p. 1202-1213.
- McBride, A.F. 1956. Evidence for echolocation by cetaceans. Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, v. 3, p. 153-154.
- McBride, A.F.; Hebb, D.O. 1948. Behavior of the captive bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. Journal of Comparative Physiology, v. 41, p. 111-123.
- Melcón, M. L.; Failla, M.; Iníguez, M. A. 2012. Echolocation behavior of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) in the wild. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 131, n. 6, p. 448-453.

- Melcón, M.L.; Failla, M.; Iníguez, M.A. 2016. Towards understanding the ontogeny of echolocation in franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). *Marine Mammal Science*, v. 32, n. 4, p. 1516-1521.
- Mellinger, D.K.; Clark, C.W. 1997. Methods for automatic detection of mysticete sounds. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, v. 29, p. 163-181.
- Mellinger, D.K.; Stafford, K.M.; Moore, S.E.; Dziak, R.P.; Matsumoto, H. 2007. An Overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans. *Oceanography*, v. 20, n. 4, p. 36-45.
- Mellinger, D.K.; Martin, S.W.; Morissey, R.P.; Thomas, L.; Yosco, J.J. 2011. A method for detecting whistles, moans, and other frequency contour sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 129, n. 6, p. 4055-4061.
- Miller, P.; Shapiro, A.; Tyack, P.; Solow, A. 2004. Call-type matching in vocal exchanges of free-ranging resident killer whales, *Orcinus orca*. *Animal Behaviour*, v. 67, n. 6, p. 1099-1107.
- Miranda, A.V. de; Luna, F.de O.; Sousa, G. P. de; Fruet, P.F.; Zanoni, S.A. 2019. Guia ilustrado de identificação de cetáceos e sirênios do Brasil. ICMBio/CMA, 70pp.
- Miranda, L.B. 1982. Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à Ilha de São Sebastião (SP). Dissertação apresentada no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 123pp.
- Monteiro-Filho, E.L.A.; Monteiro, K.D.K.A. 2001. Low-frequency sounds emitted by *Sotalia fluviatilis guianensis* (Cetacea: Delphinidae) in a estuarine region in southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, v. 79, n. 1, p. 59-66.
- Moore, S.E. 2008. Marine mammals as ecosystem sentinels. *Journal of Mammalogy*, v. 89, p. 534-540.
- Moreno, I.B.; Zerbini, A.N.; Danilewicz, D.; Santos, M.C.O.; Simões-Lopes, P.C.; Lailson-Brito Jr.; Azevedo, A.F. 2005. Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus *Stenella* (Cetacea: Delphinidae) in the southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, v. 300, p. 229-240.
- Morisaka, T.; Connor, R.C. 2007. Predation by killer whales (*Orcinus orca*) and the evolution of whistle loss and narrow-band high frequency clicks in odontocetes. *European Society for Evolutionary Biology*, p. 1439-1458.
- Moron, J.R.; Amorim, T.O.S.; Sucunza, F. 2015. Spinner dolphin whistle in the Southwest Atlantic Ocean: is there a geographic variation? *The Journal of Acoustic Society America*, v. 138, p. 2495-2498.
- Moron, J.R.; Andriolo, A. 2015. Preliminary evidence for signature and copied whistles among spinner dolphins in the Southwest Atlantic Ocean: Beacon purpose? *The Journal of Acoustic Society America*, v. 138, p. 1904.

- Moron, J.R.; Lopes, N.P.; Reis, S.S.; Mamede, N.; Reis, S.S.; Toledo, G.; Corso, G.; Sousa-Lima, R.S.; Andriolo, A. 2018. Whistle variability of Guiana dolphins in south America: Latitudinal variation or acoustic adaptation? *Marine Mammal Science*, p. 1-32.
- Oswald, J.N.; Barlow, J.; Norris, T.F. 2003. Acoustic identification of nine Delphinids species in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Marine Mammal Science*, v. 19, p. 20-37.
- Oswald, J.N.; Rankin, S.; Barlow, J. 2004. The effect of recording and analysis bandwidth on acoustic identification of delphinid species. *The Journal of Acoustic Society America*, v. 116, n. 5, p. 3178-3185.
- Oswald, J.N.; Rankin, S.; Barlow, J. 2007. A tool for real-time acoustic species identification of delphinid whistles. *The Journal of Acoustic Society America*, v. 122, p. 587-595.
- Oswald, J.N.; Oswald, M. 2013. ROCCA (Real-time Odontocete Call Classification Algorithm) User's Manual. HDR Environmental, Operations and Constructions, 48pp.
- Oswald, J.N.; Yack, T.M.; Dunleavy, K.D.; Zoidis, A.M. 2015. Development of a tool for acoustic identification of killer whale communities in the Pacific Ocean. SeaWorld Busch Gardens 2014 Conservation Fund Grant award, 31pp.
- Parvin, S.J.; Nedwell, J.R.; Harland, E. 2007. Lethal and physical injury of marine mammals, and requirements for passive acoustic monitoring. Subacoustech, Southampton, 41pp.
- Payne, R.S. & McVay, S. 1971. Songs of humpback whales. *Science*, v. 173, p. 585-597.
- Payne, K.; Tyack, P.; Payne, R. 1983. Progressive changes in the songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): A detailed analysis of two seasons in Hawaii. In: Payne, R. Communication and behavior of whales. Westview Press, Boulder, p. 9-57.
- Pershing, A.J.; Christensen, L.B; Record, N.R. 2010. The impact of whaling on the ocean carbon cycle: why bigger was better. *Plos One*, v. 5, n. 8, p. 1-9.
- Pieretti, N.; Duarte, M.H.L.; Sousa-Lima, R.S.; Rodrigues, M.; Young, R.J.; Farina, A. 2015. Determining temporal sampling schemes for passive acoustic studies in different tropical ecosystems. *Tropical Conservation Science*, v. 8, n. 1, p. 215-234.
- Pires, A.M.S. 1992. Structure and dynamics of benthic megafauna on the continental shelf off shore of Ubatuba, southeastern Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, v. 86, p. 63-76.
- Pivari, D.; Rosso, S. 2005. Whistles of small groups of *Sotalia fluviatilis* during foraging behavior in southeastern Brazil. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 118, n. 4, p. 2725-2731.
- Podos, J.; Silva, V.M.F.; Rossi-Santos, M.R. 2002. Vocalizations of Amazon river dolphins, *Inia geoffrensis*: Insights into the evolutionary origins of delphinid whistles. *Ethology*, v. 108, p. 601-612.

- Potter, J.R.; Mellinger, D.K.; Clark, C.W. 1994. Marine mammal call discrimination using artificial neural networks. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 96, p. 1255-1262.
- R Development Core Team. 2012, R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.r-project.org/>, Acessado em: 11/06/19.
- Rankin, S.; Archer, F.; Keating, J.L.; Oswald, J.N.; Oswald, M.; Curtis, A.; Barlow, J. 2016. Acoustic classification of dolphins in the California current using whistles, echolocation clicks, and burst pulses. *Marine Mammal Science*, v. 33, n. 2, p. 520-540.
- Rendell, L.E.; Whitehead, H. 2003. Comparing repertoires of spermwhale codas: A multiple methods approach. *Bioacoustics*, v. 14, p. 61-81.
- Richardson, W.J.; Greene, C.R.Jr.; Malme, C.I.; Thomson, D.H. 1995. *Marine Mammals Sound*, Academic Press, New York, pp. 576.
- Risch, D.; Clark, C.W.; Dugan, P.J.; Popescu, M.; Siebert, U.; Van Parijs, S.M. 2013. Minke whale acoustic behavior and multi-year seasonal and diel vocalization patterns in Massachusetts Bay, USA. *Marine Ecology Progress Series*, v. 489, p. 279-295.
- Roberts, B.L.; Read, A.J.; 2014. Field assessment of C-POD performance in detecting echolocation click trains of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Mammal Science*, v. 31, p. 169-190.
- Roch, M.A.; Soldevilla, M.S.; Hoenigman, R.; Wiggins, S.M.; Hildebrand, J.A. 2008. Comparison of machine learning techniques for the classification of echolocation clicks from three species of odontocetes. *Canadian Acoustics*, v. 36, p. 41-47.
- Rocha, M.L.C.F.; Fernandez, W.S.; Paiva Filho, A.M. 2010. Spatial and temporal distribution of fish in Palmas Bay, Ubatuba, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 58, p. 31-43.
- Rollo Jr, M.M.; Iwai, F.S.; Rosa, J.M. 2008. Evaluating the effects of anthropogenic noise on estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) from Cananeia, Southern Brazil. *Bioacoustics*, v. 17, p. 181-182.
- Roman, J.; Estes, J.A.; Morissette, L.; Smith, C.; Costa, D.; McCarthy, J.; Nation, J.B.; Nicol, S.; Pershing, A.; Smetacek, V. 2014. Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 12, n. 7, p. 377-385.
- Roman, J.; McCarthy, J.J. 2010. The whale pump: marine mammals enhance primary productivity in a coastal basin. *PlosOne*, v. 5, n. 10, p. 1-8.
- Rossi-Santos, M.; Podos, J. 2006. Latitudinal variation in whistle structure of the estuarine dolphin *Sotalia guianensis*. *Behaviour*, v. 143, p. 347-364.
- Rossi-Santos, M.R.; Silva Jr., J.M.; Silva, F.J.L.; Monteiro-Filho, E.L.A. 2008. Descriptive parameters of pulsed calls for the spinner dolphin, *Stenella longirostris*, in the Fernando de

Noronha Archipelago, Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 88, p. 1-5.

Samarra, F.I.; Deecke, V.B.; Vinding, K.; Rasmussen, M.H.; Swift, R.J.; Miller, P.J. 2010. Killer whales (*Orcinus orca*) produce ultrasonic whistles. The Journal of the Acoustical Society of America, v.128, n. 5., p. 205-2010.

Santos, M.C.O.; Lailson-Brito, J.; Flach, L.; Oshima, J.E.F.; Figueiredo, G.C.; Carvalho, R.R.; Ventura, E.S.; Molina, J.M.B.; Azevedo, A.F. 2019. Cetacean movements in coastal waters of the southwestern Atlantic ocean. Biota Neotropica, v. 19, p. 1-11.

Santos, M.C.O.; Rosso, S. 2007. Ecological aspects of marine tucuxi dolphins (*Sotalia guianensis*) based on group size and composition in the Cananeia Estuary, southeastern Brazil. Latin American Journal of Aquatic Mammals, v. 6, n. 1, p. 71-82.

Santos, M.C.O.; Rosso, S. 2008. Social organization of marine tucuxi dolphins, *Sotalia guianensis*, in the Cananeia estuary of Southeastern Brazil. Journal of Mammalogy, v. 89, n. 2, p. 347-355.

Santos, M.C.O.; Rosso, S.; Siciliano, S.; Zerbini, A.N.; Zampirolli, E.; Vicente, A.; Alvarenga, F. 2000. Behavioral observations of the marine tucuxi dolphin (*Sotalia fluviatilis*) in São Paulo estuarine waters, Southeastern Brazil. Aquatic Mammals, v. 26, n. 3, p. 260-267.

Santos, M.C. O.; Siciliano, S.; Vicente, A.F.C.; Alvarenga, F.S.; Zampirolli, E.; Souza, S.P., Maranhão, A. 2010. Cetacean records along São Paulo state coast, Southeastern Brazil. Brazilian Journal of Oceanography, v. 58, p. 123-142.

Santos, M.C.O.; Vicente, A.F.C.; Zampirolli, É.; Alvarenga, F.S.; Souza, S.P. 2002. Records of Franciscana (*Pontoporia Blainvillei*) from the coastal Waters of São Paulo State, Southeastern Brazil. Latin American Journal of Aquatic Mammals. v. 1, n. 1, p. 169-174.

Sauerland, M.; Dehnhardt, D. 1998. Underwater audiogram of a tucuxi (*Sotalia fluviatilis guianensis*). The Journal of the Acoustical Society of America, v. 103, p. 1199-1204.

Schevill, W.E.; Watkins, W.A. 1962. Whale and porpoise voices. Woods Hole Oceanographic Institution: audiobook em LP.

Schevill, W.E.; Watkins, W.A. 1965. Underwater calls of *Trichechus* (Manatee). Nature, v. 205, p. 373-374.

Secchi, E.R.; Ott, P.H.; Crespo, E.A.; Kinas, P.G.; Pedraza, S.N.; Bordino, P. 2001. A first estimate of franciscana (*Pontoporia blainvillei*) abundance off southern Brazil. Journal of Cetacean Research and Management, v. 3, n. 1, p. 95-100.

Shamir, L.; Yerby, C.; Simpson, R.; Von Benda-Beckmann, A.M.; Tyack, P.; Samarra, F.; Miller, P.; Wallin, J. 2014. Classification of large acoustic datasets using machine learning and crowdsourcing: Application to whale calls. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 135, p. 953-962.

- Shih, S. 2011. Random Forests for classification trees and categorical dependent variables: An informal quick start R guide. Stanford University, University of California, 8pp.
- Silva, V.M.F.; Fettuccia, D.; Rodrigues, E.S.; Edwards, H.; Moreno, I.B.; Moura, J.F.; Wedekin, L.L.; Bazzalo, M.; Emin-Lima, N.R.; Carmo, N.A.S.; Siciliano, S.; Utreras, V.B. 2010. Report of the working group on distribution, habitat characteristics and preferences, and group size. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, v. 8, n. 1-2, p. 31-38.
- Silva, L.S.; Miranda, L.B.; Castro-Filho, B.M. 2004. Estudo numérico da circulação e da estrutura termohalina na região adjacente à Ilha de São Sebastião (SP). *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 2, p. 197-221.
- Sirosky, D.S. 2009. Navigating random Forest and related advances in algorithmic modeling, *Statistics Surveys*, v. 3, 147-163.
- Sirovic, A.; Hildebrand, J.A.; Wiggins, S.M.; Mc Donald, M.A.; Moore, S.E.; Thiele, D. 2004. Seasonality of blue and fin whale calls and the influence of sea lee in the Western Antarctic Peninsula. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, v. 51, p. 2327-2344.
- Smith, L.V.; McMinn, A.; Martin, A. 2013. Preliminary investigation into the stimulation of phyto plankton photo physiology and growth by whale faeces. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 446, p. 1-9.
- Sparling, D.W.; Williams, J.D. 1978. Multivariate analysis of avian vocalizations. *Journal of Theoretical Biology*, v. 74, p. 83-107.
- Sousa-Lima, R.S.; Clark, C.W. 2008. Modelling the effects of boat traffic on the fluctuations of singing activity of humpback whales in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Canadian Acoustics*, v. 36, p. 174-181.
- Sousa-Lima, R.S.; Clark, C.W. 2009. Whale sound recording technology as a tool for assessing the effects of boat noise in a Brazilian Marine Park. *Park Science*, v. 26, p. 59-63.
- Steiner, W. W. 1981. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western north Atlantic dolphin species. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 9, p. 241-246.
- Tellechea, J.S.; Norbis, W. 2004. Sound characteristics of two neonatal franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). *Marine Mammal Science*, v. 30, n.4, p. 1573-1580.
- Tellechea, J.S.; Ferreira, M.; Norbis, W. 2017. Echolocation and burst clicks from franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) on the coast of Uruguay. *Marine Mammal Science*, v. 33, n. 2, p. 687-694.
- Thomsen, F.; Franck, D.; Ford, J.K.B. 2001. Characteristics of whistles from the acoustic repertoire of resident killer whales (*Orcinus orca*) off Vancouver Island, British Columbia. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 109, n. 3, p. 1240-1246.
- Todd, V.L.G.; Todd, I.B.; Gardiner, J.C.; Morrin, E.C.N. 2015. *Marine Mammal observer and passive acoustic monitoring handbook*. Exeter: Pelagic Publishing, p. 139-168.

- Tyack, P. 1981. Interactions between singing Hawaiian humpback whales and conspecifics nearby. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 8, p. 105-116.
- Urick, R.J. 1983. Principles of underwater sound. 3^o ed., McGraw-Hill, New York, p. 17-30.
- Van Opzeeland, I.C.; Van Parijs, S.M. 2004. Individuality in harp Seal, *Phoca groenlandica*, pup vocalizations. *Animal Behaviour*, v. 68, p. 1115-1123.
- Van Parijs, S.M.; Clark, C.W.; Sousa-Lima, R.S.; Parks, S.E.; Rankin, S.; Risch, D.; Van Opzeeland, I.C. 2009. Management and research applications of real-time and archival passive acoustic sensors over varying temporal and spatial scales. *Marine Ecology Progress Series*, v. 395, p. 21-36.
- Wang, D.; Würsig, B.G.; William, E.E. 1995. Comparisons of whistles among seven odontocete species. In: Kastelein, R.A.; Thomas, J.A.; Nachtigall, P.E. *Sensory Systems of Aquatic Mammals*. De Spil Publishers Woerden, p. 299-324.
- Watkins, W.A. 1966. Listening to cetaceans. In: Norris, K.S. *Whales, dolphins and Porpoises*. University of California Press, Berkeley, p. 471-476.
- Watkins, W.A. 1976. Biological sound-source locations by computer analysis of underwater array data. *Deep-Sea Research*, v. 23, p. 175-180.
- Watkins, W.A. & Schevill, W.E. 1974. Listening to Hawaiian spinner porpoises, *Stenella cf. longirostris*, with a three-dimensional hydrophone array. *Journal of Mammalogy*, v. 55, n. 2, p. 319-328.
- Webster, T.A.; Dawson, S.M.; Rayment, W.J.; Van Parijs, S.M. 2016. Quantitative analysis of the acoustic repertoire of southern right whales in New Zealand. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v.140, n. 1, p. 322-333.
- Wedekin, L.L.; Daura-Jorge, F.G.; Simões-Lopes, P.C. 2004. An aggressive interaction between bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and estuarine dolphins (*Sotalia guianensis*) in southern Brazil. *Aquatic Mammals*, v. 30, n. 3, p. 391-397.
- Wellard, R.; Erbe, C.; Fouda, L.; Blewitt, M. 2015. Vocalisations of Killer Whales (*Orcinus orca*) in Bremer Canyon, Western Australia. *Plos One*, v. 10, n. 9, p. 1-16.
- Yack, T.M.; Barlow, J.P.; Rankin, S.; Gillespie, D. 2009. Testing and validation of automated whistle and click detectors using Pamguard 1.0. NOAA Technical Memorandum MFS, 63pp.
- Zanardi-Lamardo, E.; Bicego, M.C.; Weber, R.R. 2013. The fate of an oil spill in São Sebastião channel: a case study. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 61, n. 2, p. 93-104.

8. Figuras e tabelas

Figura 1 – Densidade do tráfego de navios comerciais relacionados com as áreas de estudo: (▲) Canal de São Sebastião (23°49'S, 45°24'O) e (■) Parque Estadual da Ilha Anchieta (23°33'S, 45°04'O) (Marine Traffic, 2019).

Figura 2 – Mapa evidenciando o litoral norte do Estado de São Paulo e os fundeiros instalados nas áreas de estudo: (▲) Canal de São Sebastião (23°49'S, 45°24'O) e o (■) Parque Estadual Ilha Anchieta (23°33'S, 45°04'O).

Figura 3 – Estação de pesquisa subaquática no Canal de São Sebastião: representação esquemática do sistema de fundeamento do equipamento de Monitoramento Acústico Passivo.

Figura 4 – Equipamento de Monitoramento Acústico Passivo no Canal de São Sebastião: DSG anexado com abraçadeiras de *nylon* no cabo do funeio.

Figura 5 – Estação de pesquisa subaquática no PEIA: representação esquemática do sistema de fundeamento do equipamento de MAP.

Figura 6 – Equipamento de Monitoramento Acústico Passivo no Parque Estadual da Ilha Anchieta: DSG anexado com abraçadeiras de *nylon* no cabo do fundeio.

Figura 7 – Exemplos de representação de sons no espectrograma (FFT 1024), onde eixo x representa a duração (s) e o eixo y, frequência (kHz). A: emissão sonora de ictiofauna em frequência abaixo de 1 kHz, entre 1,2 e 1,4 segundos. Esta emissão está destacada em vermelho. B: ruído de embarcação em frequências predominantes abaixo de 15 kHz representadas com linhas horizontais em todo o espectrograma. Esta emissão está destacada em um retângulo vermelho; cliques de ecolocalização são visualizados no espectrograma em barras verticais que abrangem um amplo espectro em frequência, emitidos em curto intervalo de tempo (indicados com uma seta em vermelho); e um assobio ascendente de odontocetos, exibido em 2,45 segundos e indicado dentro de um círculo vermelho.

Figura 8 – Espectrograma do assobio de golfinho-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus* (1024 pontos FFT, janela Hann). Abaixo do espectrograma, contorno tempo-frequência do assobio e as variáveis acústicas extraídas. 1: Frequência Inicial (kHz); 2: Frequência Final (kHz); 3: Frequência Mínima (kHz); 4: Frequência Máxima (kHz); 5: Duração (s).

Figura 9 – Número (n) de instalações dos hidrofones no Canal de São Sebastião em relação aos dias de gravações acústicas. A linha do gráfico representa as horas de gravação obtidas pelo hidrofone em relação à programação (n) utilizada para gravação (Tabela 1).

Figura 10 – Dias registrados acusticamente entre maio de 2015 a setembro de 2017 no Canal de São Sebastião.

Figura 11 – Número (n) de instalações dos hidrofones no PEIA em relação aos dias de gravações acústicas. A linha do gráfico representa as horas de gravação obtidas pelo hidrofone em relação à programação (n) utilizada para gravação (Tabela 2).

Figura 12 – Dias registrados acusticamente entre outubro de 2015 a outubro de 2017 no Parque Estadual da Ilha Anchieta.

Figura 13 – Detecções de odontocetos no Canal de São Sebastião entre maio de 2015 a setembro de 2017.

Figura 14 – Eventos de detecções (n) de odontocetos no Canal de São Sebastião em presença de luz (S) e sem a presença de luz (N).

Figura 15 – Detecções de odontocetos no Parque Estadual da Ilha Anchieta entre outubro de 2015 a outubro de 2017.

Figura 16 – Eventos de detecções (n) de odontocetos no Parque Estadual da Ilha Anchieta em presença de luz (S) e sem a presença de luz (N). Eventos de detecções (n): A (1 ao 37) e B (38 ao 73).

Figura 17 – Eventos de detecções (n) de odontocetos no Parque Estadual da Ilha Anchieta em presença de luz (S) e sem a presença de luz (N). Eventos de detecções (n): C (74 ao 109) e D (110 ao 148).

Figura 18 – Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, obtida em 2014 e 2019 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.

Figura 19 – Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de orcas, *Orcinus orca*, obtida em 2012 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.

Figura 20 – Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha.

Figura 21 – Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo.

Figura 22 – Exemplos da representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis*, obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.

Figura 23 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, obtida em 2014 e 2019 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.

Figura 24 – Variabilidade dos contornos de assobios de orcas, *Orcinus orca*, obtida em 2012 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo.

Figura 25 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha: prancha 1/3.

Figura 26 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha: prancha 2/3.

Figura 27 – Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha: prancha 3/3.

Figura 28 – Variabilidade dos contornos de assobios de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo: prancha 1/3.

Figura 29 – Variabilidade dos contornos de assobios de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo: prancha 2/3.

Figura 30 – Variabilidade dos contornos de assobios de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo: prancha 3/3.

Figura 31 - Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis*, obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: prancha 1/3.

Figura 32 - Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis*, obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: prancha 2/3.

Figura 33 - Variabilidade dos contornos de assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis*, obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: prancha 3/3.

Figura 34 – Diversidade acústica de assobios golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, obtida em 2014 e 2019 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: PCA.

Figura 35 – Diversidade acústica de assobios de orcas, *Orcinus orca*, obtida em 2012 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: PCA.

Figura 36 – Diversidade acústica de assobios de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, obtida em 2017 (Tabela 3) no Arquipélago de Fernando de Noronha: PCA.

Figura 37 – Diversidade acústica de assobios de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, obtida em 2018 (Tabela 3) em Cananeia, São Paulo: PCA.

Figura 38 – Diversidade acústica de assobios de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis*, obtida entre 2014 e 2015 (Tabela 3) na costa do Estado de São Paulo: PCA.

Figura 39 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: este estudo (n= 80), B: Andriolo et al. (2018, n= 1005), C: Lima et al. (2016, n= 91), D: May-Collado & Wartzok (2008, n= 77, Costa Rica), E: May-Collado & Wartzok (2008, n= 214, Panamá), F: Baron et al. (2008, n= 894, Atlântico Norte), G: Baron et al. (2008, n= 1821, Golfo do México), H: Oswald et al. (2007, n= 306), I: Azevedo et al. (2007, n= 788), J: Campbell (2004, n= 216), e K: Wang et al. (1995, n= 110).

Figura 40 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de orcas, *Orcinus orca*, da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: este estudo (n= 92), B: Andriolo et al. (2018, n= 187), e C: Thomsen et al. (2001, n= 200).

Figura 41 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: Este estudo (n= 251), B: Andriolo et al. (2018, n= 768), C: Oswald et al. (2007, n= 259), D: Camargo et al. (2006, n= 702), E: Oswald et al. (2003, n= 112), F: Lammers et al. (2003, n= 167), G: Bazúa-Durán & Au (2002, n= 961), H: Driscoll (1995, n= 965), I: Wang et al. (1995, n= 271), e J: Steiner (1981, n= 2088).

Figura 42 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: Este estudo (n= 267), B: Deconto & Monteiro-Filho (2015, n= 2435), C: Andrade et al. (2014, n= 203, Baía de Guanabara), D: Andrade et al. (2014, n= 234, Baía de Sepetiba), E: Andrade et al. (2014, n= 222, Baía de Paraty), F: Deconto & Monteiro-Filho (2013, n= 3630), G: May-Collado & Watzok (2009, n= 422), H: Azevedo & Van Sluys (2005, n= 696), I: Pivari & Rosso (2005, n= 1294), J: Erber & Simão (2004, n= 3350), K: Azevedo & Simão (2002, n= 5086), L: Podos et al. (2002, n= 50), e M: Wang et al. (1995, n= 155).

Figura 43 – Representação PCA para comparar as médias dos parâmetros acústicos de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis* da biblioteca de identificação em relação às médias das variáveis de populações de outras localidades. Onde A: Este estudo (n= 277), B: Andriolo et al. (2018, n= 892), C: Azevedo et al. (2010, n= 1092), D: Baron et al. (2008, n= 27), E: Oswald et al. (2004, n= 100), F: Lammers et al. (2003, n= 220), e G: Wang et al. (1995, n= 80).

Figura 44 – Representação em espectrograma (onde eixo x representa a duração em ms e o eixo y, frequência em kHz) dos cliques de ecolocalização que se assemelha ao da toninha (*P. blainvillei*) exibidos em barras verticais com largura de banda entre 105-145 kHz (indicadas com setas vermelhas), detectados entre julho e agosto de 2016 no Parque Estadual da Ilha Anchieta.

Tabela 1 – Registro dos hidrofones utilizados em relação ao período que ficaram fundeados no Canal de São Sebastião (CSS) entre maio de 2015 e setembro de 2017. São exibidos o número (n) de operações que os hidrofones foram fundeados e os parâmetros de gravação como: duração e intervalo em minutos, dias de operação do equipamento, duração total das gravações (Horas:Minutos:Segundos), período em que o MAP ocorreu e o hidrofone utilizado. Todas as gravações foram realizadas em taxa de amostragem de 96 kHz.

n	Gravação				Período	Hidrofone
	Duração (min)	Intervalo (min)	Dias	Duração total (H:M:S)		
1	2	3	14	124:01:01	5-05 a 18-05-15	DSG 3
2	2	3	27	247:55:26	23-06 a 19-07-15	DSG 3
3	2	3	27	243:59:41	03-08 a 29-08-15	DSG 3
4	2	3	27	250:04:30	31-08 a 26-09-15	DSG 1
5	2	3	27	243:58:48	07-10 a 02-11-15	DSG 4
6	2	3	28	248:43:22	11-11 a 08-12-15	DSG 1
7	2	3	22	202:08:26	14-01 a 04-02-16	DSG 1
8	2	3	18	166:55:50	05-02 a 22-02-16	DSG 2
9	2	3	37	338:09:33	08-03 a 13-04-16	DSG 1
10	2	3	36	333:53:46	18-04 a 23-05-16	DSG 2
11	1	4	20	86:49:26	10-06 a 29-06-16	DSG 1
12	1	4	44	0:00:00	30-06 a 12-08-16	DSG 5
13	1	4	20	89:34:40	14-09 a 03-10-16	DSG 1
14	1	4	39	0:00:00	04-10 a 11-11-16	DSG 5
15	1	4	53	243:18:50	12-11 a 03-01-17	DSG 1
16	1	4	47	213:34:01	19-01 a 06-03-17	DSG 2
17	1	4	37	166:48:45	07-03 a 12-04-17	DSG 1
18	1	4	53	243:15:44	11-05 a 02-07-17	DSG 6
19	1	4	60	276:21:09	03-07 a 31-08-17	DSG 5
20	1	4	27	125:13:44	04-09 a 30-09-17	DSG 1

Tabela 2 – Registro dos hidrofones utilizados em relação ao período que ficaram fundeados nos arredores do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) entre outubro de 2015 e outubro de 2017. São exibidos o número (n) de operações em que os hidrofones foram fundeados e os parâmetros de gravação como: taxa de amostragem, programação (duração e intervalo em minutos), dias de operação do equipamento, duração total das gravações (Horas:Minutos:Segundos), período em que o MAP ocorreu e o hidrofone utilizado.

n	Gravação					Período	Hidrofone
	Taxa (kHz)	Duração (min)	Intervalo (min)	Dias	Duração total (H:M:S)		
1	96	2	3	14	125:11:39	20-10 a 02-11-15	DSG 2
2	96	2	3	24	215:56:05	10-11 a 03-12-15	DSG 2
3	96	2	3	27	250:11:36	04-12 a 30-12-15	DSG 2
4	96	2	3	20	184:17:12	12-01 a 31-01-16	DSG 2
5	96	2	3	27	253:41:35	01-02 a 27-02-16	DSG 5
6	96	2	3	36	333:56:59	11-03 a 15-04-16	DSG 5
7	96	2	3	35	325:35:22	20-04 a 24-05-16	DSG 1
8	96	2	3	20	0:00:00	03-06 a 22-06-16	DSG 5
9	96	2	3	28	258:20:24	23-06 a 20-07-17	DSG 6
10	96	2	3	28	264:16:24	21-07 a 17-08-16	DSG 1
11	288	1	4	28	132:08:12	21-07 a 17-08-16	DSG 1
12	96	2	3	28	254:52:27	19-08 a 15-09-16	DSG 2
13	96	1	4	43	197:07:03	29-09 a 10-11-16	DSG 2
14	96	1	4	29	131:54:39	11-11 a 09-12-16	DSG 6
15	96	1	4	41	0:00:00	10-12 a 19-01-17	DSG 5
16	96	1	4	24	105:25:09	20-01 a 12-02-17	DSG 6
17	96	1	4	54	245:30:27	07-03 a 29-04-17	DSG 1
18	96	1	4	3	6:55:21	12-05 a 14-05-17	DSG 1
19	96	1	4	54	246:15:42	04-07 a 26-08-17	DSG 2
20	96	1	4	43	197:27:53	05-09 a 17-10-17	DSG 6
21	96	1	4	14	64:55:26	18-10 a 31-10-17	DSG 2

Tabela 3 – Registro das gravações acústicas das espécies que compõem o banco de dados de identificação das detecções obtidas no Monitoramento Acústico Passivo (MAP) efetuado no Canal de São Sebastião (CSS) e no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). É apresentada a data (ano) em relação à posição georreferenciada (Sul= S; Oeste= O). Apresenta-se a duração das gravações (Horas:Minutos:Segundos) e as espécies registradas.

Ano	Posição		Gravação (H:M:S)	Espécie
	S	O		
2012	23° 58'	45° 33'	00:21:54	<i>Orcinus orca</i>
2014	24° 15'	46° 13'	00:04:50	<i>Tursiops truncatus</i>
2014	23° 49'	45° 24'	00:05:22	<i>Tursiops truncatus</i>
2019	23° 53'	45° 29'	00:25:27	<i>Tursiops truncatus</i>
2014	24° 8'	46° 16'	00:11:00	<i>Stenella frontalis</i>
2014	24° 4'	45° 57'	00:09:01	<i>Stenella frontalis</i>
2015	24° 41'	47° 6'	00:05:00	<i>Stenella frontalis</i>
2015	24° 30'	46° 44'	00:05:03	<i>Stenella frontalis</i>
2015	24° 10'	46° 15'	00:08:45	<i>Stenella frontalis</i>
2017	03° 51'	32° 27'	00:08:42	<i>Stenella longirostris</i>
2017	03° 50'	32° 25'	00:07:01	<i>Stenella longirostris</i>
2017	03° 49'	32° 24'	00:17:34	<i>Stenella longirostris</i>
2017	03° 49'	32° 24'	00:12:03	<i>Stenella longirostris</i>
2017	03° 49'	32° 24'	00:05:04	<i>Stenella longirostris</i>
2018	24° 54'	47° 50'	00:21:13	<i>Sotalia guianensis</i>
2018	24° 54'	47° 48'	00:09:17	<i>Sotalia guianensis</i>
2018	24° 55'	47° 51'	00:12:27	<i>Sotalia guianensis</i>

Tabela 4 – Atividades de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) realizadas entre maio de 2015 e setembro de 2017 com registros acústicos de odontocetos efetuados no Canal de São Sebastião (CSS). São exibidos os números de dias monitorados e de detecções para cada mês e ano.

CSS	2015										2016										2017										Total
Mês	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	29	
Dias monitorados	14	8	20	28	26	25	22	8	18	22	24	26	23	21	31	12	17	31	30	31	16	28	6	0	21	30	31	31	27	627	
Detecções	-	-	1	-	-	1	1	-	-	6	-	1	2	6	-	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-	-	6	-	1	30	

Tabela 5 – Atividades de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) realizadas entre outubro de 2015 e outubro de 2017 com registros acústicos de odontocetos efetuados no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). São exibidos os números de dias monitorados e de detecções de cetáceos para cada mês e ano.

PEIA	2015										2016										2017										Total
Mês	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	25					
Dias monitorados	12	23	30	20	27	21	26	24	28	31	30	17	31	30	9	12	12	25	29	3	0	28	26	26	31	551					
Detecções	4	3	3	2	3	-	2	4	4	28	27	9	10	9	1	2	1	1	4	-	-	4	6	7	3	137					

Tabela 6 – Eventos de detecção de cetáceos no Canal de São Sebastião (CSS) entre maio de 2015 e setembro de 2017. Representação do número de identificação de cada evento de detecção (n), a data (em dia, mês e ano), período (em horas e minutos) e a duração da gravação registrada em horas, minutos e segundos (H:M:S). Os eventos de detecção (n) 2, 3, 4, 23, 24, 26, 27 não foram considerados para análise por não possuírem cliques de ecolocalização e assobios de odontocetos.

n	Data	Gravação	H:M:S
1	15/07/2015	14:00 às 14:30	00:13:43
5	17/10/2015	09:30 às 09:45	00:07:50
6	12/11/2015	00:40	00:01:58
7	04/02/2016	00:40 às 00:55	00:07:52
8	12/02/2016	05:20 às 05:25	00:03:56
9	12/02/2016	05:50 às 05:55	00:03:56
10	12/02/2016	22:15 às 23:30	00:07:52
11	21/02/2016	00:00 às 00:25	00:11:47
12	21/02/2016	05:55 às 08:05	00:53:02
13	21/04/2016	09:25 às 09:30	00:03:56
14	14/05/2016	09:20 às 10:10	00:21:38
15	21/05/2016	21:10 às 21:20	00:05:54
16	21/06/2016	05:10 às 05:35	00:05:48
17	21/06/2016	12:35 às 13:15	00:08:42
18	23/06/2016	04:35 às 05:10	00:07:44
19	23/06/2016	05:55 às 06:05	00:02:54
20	24/06/2016	04:10 às 04:35	00:05:48
21	24/06/2016	08:15 às 08:20	00:01:56
22	18/11/2016	03:45 às 03:55	00:02:54
25	31/12/2016	01:05	00:00:58
28	24/01/2017	03:10	00:00:58
29	13/02/2017	00:30 às 00:45	00:03:52
30	05/03/2017	06:25 às 07:05	00:08:42
31	06/07/2017	01:45 às 02:05	00:04:50
32	06/07/2017	02:25 às 02:40	00:03:52
33	06/07/2017	03:35 às 03:45	00:02:54
34	09/07/2017	08:55 às 09:30	00:07:44
35	09/07/2017	22:45 às 23:00	00:03:52
36	11/07/2017	22:20 às 22:30	00:02:54
37	28/09/2017	00:10	00:00:58

Tabela 7 – Eventos de detecção de cetáceos no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) entre outubro de 2015 e outubro de 2017. Representação do número de identificação de cada evento de detecção (n), a data (em dia, mês e ano), o período (em horas e minutos) e duração em horas, minutos e segundos (H:M:S) de gravação registrada. Os eventos de detecção (n) 5, 6, 7, 13, 32, 46, 61, 62, 101, 119, 134 não foram considerados para análise por não possuírem cliques de ecolocalização e assobios de odontocetos.

n	Data	Gravação	H:M:S
1	25/10/2015	22:15 às 23:15	00:25:33
2	26/10/2015	21:10 às 21:15	00:03:56
3	29/10/2015	04:30 às 04:40	00:05:54
4	30/10/2015	21:05 às 21:25	00:07:52
8	23/11/2015	15:50	00:01:58
9	23/11/2015	21:20	00:01:58
10	28/11/2015	21:20 às 21:25	00:03:56
11	04/12/2015	21:25 às 21:30	00:03:56
12	07/12/2015	04:45 às 05:10	00:11:47
14	24/12/2015	13:30	00:01:58
15	13/01/2016	21:55 às 22:00	00:03:56
16	24/01/2016	00:00	00:01:58
17	03/02/2016	02:40	00:01:58
18	13/02/2016	02:00 às 02:05	00:03:56
19	13/02/2016	22:15 às 22:30	00:07:52
20	08/04/2016	21:05	00:01:58
21	24/04/2016	18:00 às 19:00	00:03:56
22	05/05/2016	19:40 às 19:45	00:03:56
23	05/05/2016	20:20	00:01:58
24	06/05/2016	19:15 às 19:25	00:05:54
25	20/05/2016	23:20 às 23:55	00:15:44
26	23/06/2016	21:30 às 22:05	00:15:44
27	24/06/2016	00:35 às 00:50	00:07:52
28	24/06/2016	21:45 às 21:50	00:03:56
29	25/06/2016	18:45 às 19:10	00:11:48
30	01/07/2016	20:25 às 21:00	00:15:44
31	03/07/2016	18:50 às 19:00	00:05:54
33	05/07/2016	23:40 às 23:55	00:07:52
34	09/07/2016	01:25 às 02:00	00:15:44
35	11/07/2016	02:15 às 03:00	00:19:40
36	12/07/2016	02:55 às 03:00	00:03:56
37	12/07/2016	16:10 às 16:45	00:15:44
38	12/07/2016	18:35 às 19:10	00:15:44
39	12/07/2016	22:45 às 23:00	00:07:52
40	13/07/2016	04:05 às 04:25	00:09:50
41	14/07/2016	02:35 às 03:05	00:13:46
42	15/07/2016	18:20 às 18:30	00:05:54
43	23/07/2016	01:35 às 01:40	00:03:56

Continuação da Tabela 7.

n	Data	Gravação	H:M:S
44	23/07/2016	10:05 às 10:20	00:03:52
45	23/07/2016	11:15 às 12:40	00:17:24
47	23/07/2016	17:10 às 17:50	00:08:42
48	23/07/2016	18:50 às 19:00	00:05:54
49	23/07/2016	21:00 às 21:55	00:11:36
50	26/07/2016	03:10 às 03:45	00:07:44
51	26/07/2016	10:10	00:01:58
52	26/07/2016	18:50 às 19:00	00:02:54
53	26/07/2016	21:35 às 22:00	00:05:48
54	27/07/2016	00:05 às 00:15	00:02:54
55	27/07/2016	06:25 às 06:40	00:03:52
56	29/07/2016	20:40 às 21:30	00:10:37
57	30/07/2016	18:40 às 20:55	00:27:03
58	30/07/2016	22:30 às 23:00	00:06:46
59	31/07/2016	00:15 às 00:45	00:06:46
60	01/08/2016	19:30 às 20:05	00:07:44
63	03/08/2016	22:40 às 22:55	00:03:52
64	04/08/2016	20:20 às 20:55	00:07:44
65	04/08/2016	21:45 às 21:55	00:05:53
66	08/08/2016	19:30 às 19:40	00:02:54
67	08/08/2016	22:30 às 23:15	00:09:40
68	09/08/2016	21:25 às 21:35	00:05:54
69	12/08/2016	00:40 às 01:00	00:04:50
70	13/08/2016	00:00 às 02:10	00:26:06
71	13/08/2016	04:00 às 04:25	00:05:48
72	13/08/2016	19:55 às 21:00	00:13:31
73	13/08/2016	22:55 às 23:55	00:12:33
74	14/08/2016	00:00 às 00:20	00:04:50
75	14/08/2016	13:35 às 13:55	00:04:50
76	15/08/2016	23:40 às 23:55	00:07:50
77	16/08/2016	20:40 às 21:10	00:06:46
78	17/08/2016	01:15 às 01:30	00:07:50
79	17/08/2016	01:55 às 03:05	00:14:30
80	17/08/2016	03:45 às 03:50	00:01:56
81	17/08/2016	11:35	00:01:58
82	17/08/2016	13:25	00:01:58
83	17/08/2016	16:05 às 16:55	00:10:38
84	17/08/2016	17:45	00:01:58
85	19/08/2016	22:15 às 22:20	00:03:56
86	23/08/2016	20:00 às 20:25	00:11:48
87	24/08/2016	22:50 às 23:00	00:05:54
88	27/08/2016	22:10 às 22:20	00:05:54

Continuação da Tabela 7.

n	Data	Gravação	H:M:S
89	08/09/2016	20:10 às 20:20	00:05:54
90	08/09/2016	21:05 às 21:25	00:09:50
91	08/09/2016	23:35 às 23:55	00:09:50
92	09/09/2016	21:20 às 21:35	00:07:52
93	10/09/2016	02:10 às 02:20	00:05:54
94	10/09/2016	03:20 às 04:00	00:17:42
95	10/09/2016	04:25 às 05:10	00:19:40
96	10/09/2016	19:15 às 19:50	00:15:44
97	30/09/2016	21:25 às 21:55	00:06:46
98	02/10/2016	19:55 às 20:10	00:03:52
99	03/10/2016	19:50	00:00:58
100	05/10/2016	19:50	00:00:58
102	22/10/2016	23:15	00:00:58
103	23/10/2016	13:55	00:00:58
104	24/10/2016	00:45 às 00:50	00:01:56
105	25/10/2016	01:50 às 01:55	00:01:56
106	29/10/2016	02:20 às 02:45	00:05:48
107	30/10/2016	01:50 às 01:55	00:01:56
108	30/10/2016	20:35	00:00:58
109	01/11/2016	01:25 às 01:30	00:01:56
110	01/11/2016	01:50	00:00:58
111	13/11/2016	15:00 às 15:05	00:01:56
112	13/11/2016	15:25 às 15:30	00:01:56
113	13/11/2016	16:40 às 16:45	00:01:56
114	23/11/2016	21:30 às 21:50	00:04:50
115	25/11/2016	22:25 às 22:45	00:04:50
116	26/11/2016	00:10 às 00:25	00:03:52
117	26/11/2016	00:45	00:00:58
118	01/12/2016	05:14	00:00:58
120	23/01/2017	11:15 às 11:20	00:01:56
121	30/01/2017	22:05 às 22:10	00:01:56
122	02/02/2017	12:00 às 12:15	00:02:54
123	08/03/2017	15:50 às 16:00	00:02:54
124	02/04/2017	21:20 às 21:40	00:04:50
125	11/04/2017	13:05 às 13:10	00:01:56
126	17/04/2017	21:45 às 21:50	00:01:56
127	25/04/2017	22:25 às 22:35	00:02:54
128	05/07/2017	09:05 às 09:10	00:01:56
129	05/07/2017	09:30	00:00:58
130	05/07/2017	21:35 às 21:40	00:01:56
131	20/07/2017	22:35	00:00:58
132	06/08/2017	20:45 às 21:00	00:03:52

Continuação da Tabela 7.

n	Data	Gravação	H:M:S
133	15/08/2017	20:15 às 20:20	00:01:56
135	18/08/2017	19:50 às 20:05	00:03:52
136	20/08/2017	22:00 às 22:25	00:05:48
137	21/08/2017	23:35 às 23:55	00:04:50
138	22/08/2017	22:15	00:00:58
139	10/09/2017	14:00 às 14:10	00:02:53
140	10/09/2017	20:25 às 20:55	00:06:46
141	12/09/2017	02:25 às 02:45	00:04:50
142	12/09/2017	20:10 às 20:25	00:03:52
143	18/09/2017	23:30 às 23:35	00:01:56
144	19/09/2017	12:45 às 12:50	00:01:56
145	19/09/2017	21:20 às 21:30	00:02:53
146	14/10/2017	13:10 às 13:25	00:02:53
147	15/10/2017	22:45	00:00:58
148	23/10/2017	22:15 às 22:45	00:06:46

Tabela 8 – Número (n) total de assobios analisados por espécie do banco de dados de identificação, a média, o desvio padrão (entre parênteses) e a variação (mínimo-máximo) para as variáveis contínuas: frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), frequência central (FCenter), frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal) e duração.

Espécie	Assobios (n)	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
<i>Tursiops truncatus</i>	80	9,27 (2,26)	16,56 (4,70)	7,29 (4,22)	12,91 (3,03)	13,19 (5,45)	11,51 (3,92)	1025,80 (0,11)
		4,88-14,72	9,00-26,91	1,50-17,63	7,50-18,33	5,44-26,91	4,88-21,38	80,00-4202,00
<i>Orcinus orca</i>	92	4,50 (2,02)	5,42 (2,36)	0,92 (0,97)	4,96 (2,14)	5,01 (2,31)	4,91 (2,18)	736,36 (0,36)
		0,56-8,25	0,56-13,41	0,09-6,84	0,56-9,98	0,56-13,41	0,56-10,22	102,00-1723,00
<i>Stenella longirostris</i>	251	9,57 (2,27)	15,61 (2,88)	6,04 (2,89)	12,59 (2,15)	11,06 (3,47)	13,73 (3,73)	817,15 (0,30)
		4,22-17,34	6,84-23,16	0,19-14,34	5,77-18,23	4,22-20,44	5,81-23,16	218,00-1748,00
<i>Sotalia guianensis</i>	267	9,83 (3,35)	19,79 (5,75)	9,96 (6,62)	14,81 (3,34)	10,22 (3,85)	19,72 (5,76)	327,37 (0,15)
		3,38-23,16	5,16-41,25	0,38-35,53	4,27-25,45	3,47-23,16	5,16-41,25	53,00-1856,00
<i>Stenella frontalis</i>	277	6,50 (2,61)	12,06 (5,90)	5,56 (4,45)	9,24 (4,01)	7,48 (3,58)	10,76 (5,73)	604,48 (0,38)
		0,56-16,59	0,56-26,81	0,09-17,91	0,56-20,76	0,56-21,47	0,56-26,81	58,00-1723,00

Tabela 9 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de golfinhos-nariz-de-garrafa, *Tursiops truncatus*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 80); B: Andriolo et al. (2018, n= 1005); C: Lima et al. (2016, n= 91); D: May-Collado & Wartzok (2008, n= 77, Costa Rica); E: May-Collado & Wartzok (2008, n= 214, Panamá); F: Baron et al. (2008, n= 894, Atlântico Norte); G: Baron et al. (2008, n= 1821, Golfo do México); H: Oswald et al. (2007, n= 306); I: Azevedo et al. (2007, n= 788); J: Campbell (2004, n= 216); K: Wang et al. (1995, n= 110).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)
Duração (s)	1,02 (0,11)	0,35 (0,49)	0,80 (0,64)	0,89 (0,69)	1,10 (0,74)	0,62 (0,06)	0,88 (0,05)	1,11 (0,69)	0,55 (0,39)	0,53 (0,38)	1,40 (0,49)
FInicial (kHz)	13,19 (5,45)	11,90 (6,22)	12,30 (3,50)	8,43 (3,66)	9,10 (3,70)	10,64 (0,55)	10,82 (0,35)	11,61 (5,11)	8,28 (3,11)	5,80 (2,04)	9,24 (2,74)
FFinal (kHz)	11,51 (3,92)	12,80 (6,71)	13,20 (4,50)	13,15 (5,57)	9,19 (4,27)	12,40 (0,61)	11,17 (0,53)	10,24 (4,78)	8,37 (3,70)	11,85 (4,61)	6,63 (2,29)
FMin (kHz)	9,27 (2,26)	9,60 (4,67)	9,90 (2,90)	5,68 (2,24)	5,34 (1,90)	8,24 (0,24)	7,87 (0,20)	7,92 (2,49)	5,96 (2,15)	5,32 (1,56)	5,91 (1,50)
FMax (kHz)	16,56 (4,70)	15,60 (5,80)	17,30 (4,30)	17,61 (4,93)	15,34 (3,65)	15,03 (0,61)	16,19 (0,40)	17,07 (4,55)	12,21 (3,20)	12,85 (4,55)	13,65 (1,54)
FDelta (kHz)	7,29 (4,22)	5,10 (5,30)	7,40 (4,20)	11,94 (4,32)	10,18 (3,50)	-	-	-	6,25 (3,34)	7,53 (4,49)	-
FCenter (kHz)	12,91 (3,03)	12,10 (6,15)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 10 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de orcas, *Orcinus orca*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 92); B: Andriolo et al. (2018, n= 187); C: Thomsen et al. (2001, n= 200).

	A	B	C
	m (sd)	m (sd)	m (sd)
Duração (s)	0,74 (0,36)	0,29 (0,51)	1,80 (2,00)
FInicial (kHz)	5,01 (2,31)	4,30 (15,98)	-
FFinal (kHz)	4,91 (2,18)	8,00 (9,54)	-
FMin (kHz)	4,50 (2,02)	3,90 (9,33)	5,40 (1,90)
FMax (kHz)	5,42 (2,36)	8,20 (14,71)	9,90 (2,40)
FDelta (kHz)	0,92 (0,97)	4,10 (5,44)	-
FCenter (kHz)	4,96 (2,14)	7,10 (12,02)	8,30 (2,80)

Tabela 11 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de golfinhos-rotadores, *Stenella longirostris*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 251); B: Andriolo et al. (2018, n= 768); C: Oswald et al. (2007, n= 259); D: Camargo et al. (2006, n= 702); E: Oswald et al. (2003, n= 112); F: Lammers et al. (2003, n= 167); G: Bazúa-Durán & Au (2002, n= 961); H: Driscoll (1995, n= 965); I: Wang et al. (1995, n= 271); J: Steiner (1981, n= 2088).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)
Duração (s)	0,82 (0,30)	0,69 (0,86)	0,61 (0,42)	0,49 (0,08)	0,60 (0,40)	0,66 (0,33)	0,45(0,37)	0,66 (0,33)	0,75 (0,33)	0,43 (0,33)
FInicial (kHz)	11,06 (3,47)	11,80 (7,42)	11,85 (4,42)	10,78 (4,08)	10,40 (3,40)	-	12,02 (3,66)	11,80 (3,66)	10,61 (3,44)	9,76 (3,51)
FFinal (kHz)	13,73 (3,73)	13,70 (7,14)	12,94 (4,33)	12,74 (3,15)	12,40 (3,60)	-	14,91 (3,80)	14,46 (3,91)	14,05 (2,37)	13,17 (3,10)
FMin (kHz)	9,57 (2,27)	9,90 (6,08)	9,99 (3,18)	9,03 (3,08)	9,10 (2,50)	10,10 (2,50)	10,68 (2,68)	10,19 (2,40)	9,03 (2,24)	8,76 (2,62)
FMax (kHz)	15,61 (2,88)	15,90 (7,35)	15,09 (4,57)	14,48 (2,67)	13,70 (3,50)	17,40 (3,00)	16,50 (3,54)	16,80 (3,17)	15,20 (1,66)	14,32 (2,76)
FDelta (kHz)	6,04 (2,89)	4,60 (5,73)	-	5,44 (6,32)	4,60 (3,40)	7,30 (3,90)	5,82 (3,67)	-	-	-
FCenter (kHz)	12,59 (2,15)	13,50 (4,88)	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 12 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de botos-cinza, *Sotalia guianensis*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 267); B: Deconto & Monteiro-Filho (2015, n= 2435); C: Andrade et al. (2014, n= 203, Baía de Guanabara); D: Andrade et al. (2014, n= 234, Baía de Sepetiba); E: Andrade et al. (2014, n= 222, Baía de Paraty); F: Deconto & Monteiro-Filho (2013, n= 3630); G: May-Collado & Watzok (2009, n= 422); H: Azevedo & Van Sluys (2005, n= 696); I: Pivari & Rosso (2005, n= 1294); J: Erber & Simão (2004, n= 3350); K: Azevedo & Simão (2002, n= 5086); L: Podos et al. (2002, n= 50); M: Wang et al. (1995, n= 155).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)
Duração (s)	0,33 (0,15)	0,17 (0,11)	0,27 (0,10)	0,36 (0,13)	0,37 (0,16)	0,17 (0,12)	0,20 (0,19)	0,31 (13,73)	0,23 (12,73)	0,79 (3,12)	0,10 (0,08)	0,63 (0,32)	0,41 (2,10)
FInicial (kHz)	10,22 (3,85)	12,51 (5,29)	9,88 (3,90)	7,93 (2,47)	8,09 (2,49)	12,40 (5,22)	13,83 (6,16)	9,57 (3,76)	8,15 (3,00)	10,70 (4,97)	7,90 (2,90)	9,70 (3,64)	10,76 (3,53)
FFinal (kHz)	19,72 (5,76)	18,04 (5,08)	25,58 (7,38)	23,42 (7,78)	22,26 (7,99)	18,17 (5,35)	19,51 (6,36)	18,82 (3,10)	14,35 (3,04)	13,31 (5,86)	12,80 (4,50)	14,64 (2,66)	14,35 (2,89)
FMin (kHz)	9,83 (3,35)	12,42 (5,21)	9,52 (3,55)	7,77 (2,32)	7,74 (2,20)	12,22 (5,39)	12,31 (5,16)	9,22 (3,44)	7,97 (2,89)	10,52 (4,52)	7,60 (2,90)	9,18 (3,05)	10,21 (3,10)
FMax (kHz)	19,79 (5,75)	18,09 (5,12)	25,79 (7,51)	23,68 (7,76)	22,33 (7,94)	18,23 (5,38)	21,21 (5,82)	19,05 (2,97)	14,46 (2,88)	13,31 (4,85)	13,00 (4,10)	15,65 (2,49)	15,41 (3,11)
FDelta (kHz)	9,96 (6,62)	-	16,52 (7,81)	15,91 (7,87)	14,56 (8,30)	-	-	9,83 (4,03)	6,48 (3,13)	7,05 (12,80)	-	-	-
FCenter (kHz)	14,81 (3,34)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 13 – Comparação dos principais parâmetros acústicos de golfinhos-pintados-do-Atlântico, *Stenella frontalis*, da biblioteca de identificação em relação aos dados disponíveis pela literatura. São exibidas as médias (m) e o desvio padrão (sd) das variáveis acústicas: duração, frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal), frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), e a frequência central (FCenter), onde A: Este estudo (n= 277); B: Andriolo et al. (2018, n= 892); C: Azevedo et al. (2010, n= 1092); D: Baron et al. (2008, n= 27); E: Oswald et al. (2004, n= 100); F: Lammers et al. (2003, n= 220); G: Wang et al. (1995, n= 80).

	A	B	C	D	E	F	G
	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)	m (sd)
Duração (s)	0,60 (0,38)	0,32 (2,20)	0,36 (0,29)	0,65 (0,04)	0,63 (0,40)	0,44 (0,30)	0,82 (0,40)
FInicial (kHz)	7,48 (3,58)	9,90 (4,95)	8,85 (3,21)	9,08 (0,25)	10,40 (4,50)	-	10,95 (3,21)
FFinal (kHz)	10,76 (5,73)	16,80 (2,83)	12,76 (3,80)	13,13 (0,35)	16,80 (6,40)	-	11,56 (3,66)
FMin (kHz)	6,50 (2,61)	9,60 (4,50)	8,04 (2,51)	7,51 (0,17)	9,00 (3,90)	7,10 (1,50)	7,91 (1,18)
FMax (kHz)	12,06 (5,90)	16,90 (2,90)	13,58 (3,64)	15,84 (0,32)	19,40 (5,20)	14,50 (2,50)	16,04 (1,89)
FDelta (kHz)	5,56 (4,45)	7,70 (5,94)	5,53 (3,52)	8,33 (0,31)	-	7,40 (2,00)	-
FCenter (kHz)	9,24 (4,01)	14,50 (1,55)	-	11,74 (0,27)	-	-	-

Tabela 14 – Resultados da matriz de confusão e erro de classificação do modelo *Random Forest* (RF) usado para identificar espécies de odontocetos: *Orcinus orca* (Oo), *Stenella frontalis* (Sf), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella longirostris* (Sl) e de *Tursiops truncatus* (Tt). Os números em negrito mostram as classificações corretas. O erro de classificação (OOB) mostra a porcentagem total de assobios que foram classificadas erroneamente.

	Oo	Sf	Sg	Sl	Tt	OOB (%)
Oo	1	89	1	1	0	99
Sf	88	124	37	26	2	55
Sg	0	17	243	4	3	9
Sl	1	21	10	211	8	16
Tt	0	4	4	34	38	52

Tabela 15 – Validação das classificações do modelo *Random Forest* (RF). Espécies de odontocetos do modelo RF: *Orcinus orca* (Oo), *Stenella frontalis* (Sf), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella longirostris* (Sl) e de *Tursiops truncatus* (Tt). Os números em negrito destacam as médias (desvio padrão) de relevância de classificação dos assobios e os valores.

	Oo	Sf	Sg	Sl	Tt
Oo	51 (0,07)	48 (0,08)	0 (0,02)	0 (0,02)	1 (0,01)
Sf	16 (0,23)	73 (0,17)	5 (0,08)	5 (0,06)	1 (0,03)
Sg	0 (0,01)	5 (0,06)	93 (0,09)	1 (0,03)	1 (0,02)
Sl	0 (0,01)	5 (0,07)	2 (0,05)	89 (0,9)	4 (0,05)
Tt	0 (0,01)	4 (0,06)	2 (0,06)	13 (0,11)	81 (0,12)

Tabela 16 – Análise quantitativa dos assobios dos eventos de detecções. Eventos de detecções (n) de odontocetos no Canal de São Sebastião (CSS), assobios analisados, e a média e o desvio padrão (em parênteses) para as variáveis contínuas: frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), frequência central (FCenter), frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal) e duração. Os eventos de detecção (n) 2, 3, 4, 17, 19, 21, 23, 24, 26, 27 não foram considerados para análise por não possuírem assobios de odontocetos a serem descritos.

n	Assobios	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
1	176	3,88 (0,13)	4,14 (0,11)	2,84 (0,14)	4,01 (0,09)	3,93 (0,15)	4,07 (0,15)	217,38 (0,07)
		3,47-4,22	3,84-4,59	0,09-6,56	3,75-4,31	3,47-4,31	3,47-4,59	69,00-444,00
5	24	32,58 (3,76)	37,41 (4,70)	4,83 (1,96)	34,99 (4,14)	32,58 (3,76)	37,41 (4,70)	226,04 (0,07)
		25,13-39,28	27,28-43,50	2,06-8,81	26,25-41,34	25,13-39,28	27,28-43,50	92,00-346,00
6	4	2,53 (2,35)	4,64 (3,22)	2,81 (1,06)	3,58 (2,70)	3,77 (3,51)	2,88 (2,13)	670,75 (0,61)
		0,38-5,72	1,22-7,88	2,16-4,03	1,21-6,79	0,38-7,50	1,22-5,91	235,00-1227,00
7	39	6,77 (3,19)	11,26 (3,08)	4,49 (3,77)	9,02 (2,50)	8,11 (2,59)	10,76 (2,99)	498,00 (0,20)
		0,19-12,75	6,09-19,22	0,09-12,09	3,14-15,52	3,84-14,06	6,09-18,09	128,00-1227,00
8	5	8,33 (2,30)	10,86 (1,77)	2,53 (0,83)	8,84 (2,55)	8,66 (2,82)	10,20 (1,31)	618,40 (0,46)
		5,81-10,97	9,09-13,03	1,31-3,28	5,13-12,00	5,81-12,56	9,09-12,09	261,00-1024,00
9	5	7,44 (1,87)	12,08 (3,82)	4,63 (3,33)	9,76 (2,51)	7,48 (1,83)	10,88 (3,69)	462,60 (0,12)
		5,16-9,56	9,09-17,44	2,80-9,09	7,17-12,89	5,16-9,56	8,81-17,44	282,00-634,00
10	24	7,63 (2,82)	13,50 (2,52)	5,88 (3,93)	10,56 (1,82)	8,48 (1,91)	12,62 (2,29)	637,70 (0,35)
		0,28-11,53	8,91-17,91	1,31-17,63	6,84-12,98	4,69-11,81	7,97-16,78	176,00-1055,00
11	27	6,15 (3,14)	11,61 (1,85)	5,47 (3,86)	8,88 (1,70)	8,85 (2,17)	11,27 (2,00)	466,81 (0,21)
		0,09-10,97	7,13-14,72	0,56-13,13	5,72-11,25	5,16-13,13	6,47-14,72	85,00-1077,00
12	478	8,47 (2,47)	12,86 (3,11)	4,40 (3,24)	10,66 (2,29)	9,23 (2,98)	12,26 (3,17)	461,19 (0,31)
		0,28-20,06	3,00-32,16	0,19-29,13	2,91-26,11	3,00-20,63	2,81-31,16	48,00-1888,00
13	20	5,14 (0,71)	7,09 (0,66)	1,95 (1,02)	6,11 (0,46)	5,15 (0,72)	6,99 (0,70)	271,78 (0,13)
		3,38-6,38	6,66-8,72	0,38-3,75	5,02-6,84	3,38-6,38	6,38-8,72	53,00-587,00
14	222	8,74 (2,95)	12,43 (3,08)	3,71 (2,66)	10,58 (2,71)	9,30 (3,38)	11,84 (3,05)	623,98 (0,35)
		2,91-18,94	6,47-22,88	0,09-13,69	5,44-20,67	2,91-22,41	6,47-22,88	112,00-1989,00
15	11	2,75 (0,62)	5,22 (0,69)	2,47 (1,07)	3,99 (0,39)	2,91 (0,88)	4,12 (1,13)	920,63 (0,42)
		1,31-3,47	3,38-5,91	0,19-4,22	3,28-4,59	1,31-4,78	2,25-5,91	358,00-1673,00
16	7	7,29 (2,05)	9,16 (1,45)	1,88 (2,28)	8,22 (1,36)	8,17 (2,56)	8,30 (1,29)	305,14 (0,19)
		3,28-8,72	6,47-10,22	0,19-6,94	6,14-9,38	3,28-10,03	6,00-10,22	167,00-731,00
18	7	4,58 (0,80)	7,46 (1,65)	2,88 (1,28)	6,02 (1,13)	7,18 (2,25)	4,94 (0,30)	442,57 (0,22)
		2,81-5,06	4,78-8,63	0,38-3,94	3,80-6,80	2,81-8,63	4,50-5,44	117,00-666,00
20	3	5,22 (1,08)	6,00 (0,82)	0,78 (0,44)	5,61 (0,93)	5,31 (1,22)	5,91 (0,73)	125,66 (0,08)
		4,13-6,28	5,06-6,56	0,28-1,13	4,59-6,42	4,13-6,56	5,06-6,38	75,00-223,00
22	26	7,78 (2,66)	14,15 (3,65)	6,37 (4,22)	10,96 (2,40)	8,29 (3,55)	13,11 (3,76)	499,42 (0,28)
		2,72-12,56	5,44-19,69	0,56-15,28	5,15-14,20	2,72-17,34	5,44-19,69	182,00-1227,00
28	2	7,88 (0,66)	15,89 (5,63)	8,02 (4,97)	11,88 (3,15)	7,88 (0,66)	15,89 (5,63)	328,00 (0,09)
		7,41-8,34	11,91-19,88	4,50-11,53	9,65-14,11	7,41-8,34	11,91-19,88	262,00-394,00
29	117	9,44 (6,36)	14,82 (9,01)	5,47 (5,73)	12,13 (7,26)	9,67 (6,59)	14,59 (9,01)	255,51 (0,21)
		1,41-31,97	3,00-39,56	0,09-31,78	2,90-33,66	1,41-31,97	3,00-39,56	32,00-1610,00

Continuação da Tabela 16.

n	Assobios	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
30	8	9,11 (5,70)	16,34 (7,66)	7,23 (8,21)	12,72 (5,35)	9,11 (5,70)	16,34 (7,66)	517,62 (0,64)
		1,50-19,97	9,09-28,22	0,84-24,00	8,02-23,48	1,50-19,97	9,09-28,22	0,06-1611,00
31	23	8,29 (2,69)	15,76 (4,01)	7,47 (4,46)	12,02 (2,59)	8,42 (2,70)	15,62 (4,26)	334,41 (0,15)
		3,75-14,06	8,72-23,53	1,50-15,47	7,88-16,08	3,75-14,06	7,03-23,53	107,00-726,00
32	20	10,62 (4,43)	18,36 (5,30)	7,74 (3,60)	14,49 (4,54)	10,69 (4,37)	18,36 (5,30)	375,60 (0,23)
		1,13-20,44	9,66-26,44	2,44-12,56	7,40-23,06	1,13-20,44	9,66-26,44	138,00-1265,00
33	38	10,17 (4,92)	19,33 (6,06)	9,16 (5,72)	14,75 (4,72)	10,17 (4,92)	19,31 (6,07)	268,34 (0,10)
		5,53-30,19	10,13-34,41	0,84-24,47	8,67-32,30	5,53-30,19	10,13-34,41	42,00-512,00
34	87	11,25 (5,74)	16,82 (6,44)	5,57 (3,20)	14,03 (5,89)	11,33 (5,74)	16,78 (6,46)	319,34 (0,18)
		3,00-31,13	4,41-35,81	0,56-13,50	3,98-32,25	3,00-31,13	4,41-35,81	91,00-1338,00
35	53	14,94 (5,11)	22,17 (6,08)	7,23 (4,76)	18,55 (5,09)	14,95 (5,10)	22,17 (6,08)	204,15 (0,06)
		3,84-21,09	6,84-36,09	1,31-18,94	5,39-26,86	3,84-21,09	6,84-36,09	69,00-331,00
36	69	8,43 (3,99)	16,28 (6,90)	7,85 (6,21)	12,35 (4,70)	8,66 (4,04)	16,25 (6,92)	320,04 (0,15)
		0,09-22,50	5,72-34,69	0,28-28,88	4,13-25,36	2,53-22,50	5,72-34,69	91,00-853,00
37	17	11,54 (4,98)	18,25 (4,57)	6,71 (3,96)	14,90 (4,35)	11,54 (4,98)	18,25 (4,57)	293,41 (0,12)
		7,69-27,28	11,53-30,00	1,88-12,09	10,31-28,64	7,69-27,28	11,53-30,00	53,00-448,00

Tabela 17 – Análise quantitativa dos assobios dos eventos de detecções. Eventos de detecções (n) de odontocetos no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), assobios analisados, e a média e o desvio padrão (em parênteses) para as variáveis contínuas: frequência mínima (FMin), frequência máxima (FMax), frequência delta (FDelta), frequência central (FCenter), frequência inicial (FInicial), frequência final (FFinal) e duração. Os eventos de detecção (n) 5, 6, 7, 13, 32, 44, 45, 46, 47, 61, 62, 66, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 94, 99, 101, 108, 109, 110, 119, 130, 134 não foram considerados para análise por não possuírem assobios de odontocetos a serem descritos.

n	Assobios	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
1	180	11,43 (4,38)	17,40 (5,27)	5,96 (4,49)	14,41 (4,29)	11,61 (4,35)	17,32 (5,31)	303,91 (0,13)
		0,09-24,28	8,81-33,75	0,19-22,78	8,20-27,70	1,41-24,28	8,81-33,75	81,00-864,00
2	19	8,38 (5,02)	21,09 (2,08)	12,71 (5,22)	14,73 (2,82)	8,44 (5,20)	21,02 (2,06)	491,68 (0,31)
		4,13-21,09	18,94-26,25	1,03-20,81	12,33-21,70	4,13-22,31	18,94-26,25	187,00-1449,00
3	21	10,15 (3,66)	15,65 (4,12)	5,50 (3,22)	12,90 (3,55)	10,21 (3,72)	15,57 (4,15)	423,76 (0,21)
		2,06-16,88	8,91-22,41	0,75-12,47	5,48-18,56	2,06-16,97	8,91-22,41	150,00-950,00
4	35	11,08 (4,55)	20,09 (5,10)	9,02 (5,56)	15,63 (3,95)	11,08 (4,55)	20,07 (5,12)	271,94 (0,08)
		4,69-21,09	10,97-33,00	0,09-23,91	9,23-22,73	4,69-21,09	10,69-33,00	101,00-475,00
8	14	10,61 (4,65)	15,90 (4,43)	5,28 (4,59)	13,25 (3,92)	10,67 (4,72)	15,84 (4,42)	266,85 (0,14)
		5,25-23,53	11,34-24,28	0,47-13,69	8,81-23,77	5,25-23,53	11,34-24,28	101,00-565,00
9	53	7,08 (4,55)	24,94 (9,15)	17,86 (10,63)	16,01 (4,90)	7,13 (4,59)	24,90 (9,18)	379,70 (0,16)
		2,34-23,25	8,34-38,91	0,56-36,56	8,06-28,03	2,34-23,25	8,34-38,91	53,00-906,00
10	34	14,80 (7,01)	21,44 (4,30)	6,64 (5,38)	18,12 (5,16)	17,37 (5,05)	20,56 (4,37)	575,20 (0,63)
		0,09-26,81	13,78-34,88	0,66-19,69	9,47-29,16	7,13-26,81	13,78-34,88	91,00-2704,00
11	9	9,63 (3,65)	16,83 (4,21)	7,21 (4,19)	13,23 (3,34)	9,63 (3,65)	16,83 (4,21)	422,22 (0,23)
		5,16-13,88	10,78-26,25	2,91-13,88	9,33-19,31	5,16-13,88	10,78-26,25	176,00-742,00
12	51	5,27 (1,84)	7,02 (0,66)	1,75 (2,00)	6,14 (0,95)	6,32 (1,04)	6,41 (0,67)	454,70 (0,26)
		0,19-7,97	5,91-9,28	0,38-8,72	3,47-8,62	3,38-8,25	4,88-9,28	54,00-1280,00
14	35	8,47 (3,61)	13,82 (3,30)	5,35 (5,17)	11,14 (2,30)	8,91 (3,45)	13,64 (3,41)	572,80 (0,27)
		0,09-13,97	7,31-21,19	0,19-16,78	5,72-15,94	1,41-14,91	7,13-21,19	70,00-1227,00
15	69	9,61 (5,77)	20,04 (6,49)	10,43 (6,16)	14,83 (5,31)	9,87 (6,15)	19,72 (6,34)	391,20 (0,29)
		1,69-29,91	9,66-33,28	1,50-25,88	7,27-30,89	1,69-29,91	8,44-33,28	70,00-1808,00
16	7	13,13 (6,40)	24,20 (4,85)	11,08 (9,32)	18,66 (3,25)	13,14 (6,42)	24,20 (4,85)	313,71 (0,15)
		4,97-22,69	18,47-33,75	0,00-22,13	14,67-22,69	4,97-22,69	18,47-33,75	144,00-587,00
17	42	10,65 (3,21)	23,65 (6,89)	13,00 (7,59)	17,15 (3,81)	10,84 (3,31)	23,65 (6,89)	243,57 (0,17)
		7,03-20,16	14,63-38,25	1,31-27,94	12,09-24,66	7,03-20,16	14,63-38,25	33,00-666,00
18	19	10,71 (7,08)	14,03 (7,69)	3,32 (2,49)	12,37 (7,29)	10,78 (7,04)	14,03 (7,69)	197,95 (0,08)
		2,72-28,88	3,84-30,38	0,56-8,44	3,37-29,63	2,72-28,88	3,84-30,38	101,00-379,00
19	86	10,85 (4,69)	17,54 (5,76)	6,69 (4,40)	14,20 (4,77)	11,08 (4,93)	17,48 (5,73)	290,59 (0,16)
		1,59-26,63	7,41-29,63	0,28-22,31	7,12-27,33	1,59-26,63	7,41-29,63	92,00-1339,00
20	3	15,78 (14,61)	25,09 (5,55)	9,31 (14,83)	20,44 (8,19)	24,44 (5,94)	25,00 (5,44)	293,33 (0,25)
		0,19-29,16	18,94-29,72	0,56-26,44	13,41-29,44	18,00-29,72	18,94-29,44	96,00-570,00
21	3	29,94 (3,64)	32,31 (4,44)	2,38 (1,25)	31,13 (4,01)	29,97 (3,59)	31,47 (3,71)	1096,67 (0,55)
		25,88-32,91	27,19-34,97	1,31-3,75	26,53-33,94	25,97-32,91	27,19-33,66	512,00-1610,00
22	24	14,27 (2,91)	16,50 (1,43)	2,22 (2,08)	15,32 (2,00)	14,43 (2,99)	16,46 (1,45)	243,12 (0,10)
		4,50-16,22	11,63-18,66	0,28-10,41	9,70-16,88	4,50-16,88	11,63-18,66	122,00-501,00

Continuação da Tabela 17.

n	Assobios	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
23	6	9,11 (1,10)	14,88 (2,41)	5,77 (3,30)	11,99 (0,89)	9,11 (1,10)	14,88 (2,41)	347,67 (0,12)
		7,88-10,50	12,00-17,44	2,34-9,56	10,45-12,75	7,88-10,50	12,00-17,44	239,00-554,00
24	41	11,44 (4,99)	16,83 (5,32)	5,39 (4,44)	14,13 (4,65)	11,62 (4,90)	16,78 (5,34)	246,36 (0,12)
		12,38-25,13	13,88-31,22	1,50-17,44	5,34-28,17	12,38-25,13	13,88-31,22	224,00-747,00
25	122	12,08 (4,28)	17,50 (4,45)	5,43 (2,97)	14,79 (4,11)	12,13 (4,29)	17,47 (4,42)	253,27 (0,90)
		4,41-29,44	9,00-32,16	0,47-15,28	7,87-30,80	4,41-29,44	9,00-31,03	79,00-699,00
26	86	9,33 (1,89)	13,01 (1,92)	3,68 (1,95)	11,17 (1,64)	10,04 (2,27)	11,93 (2,31)	399,04 (0,28)
		5,81-13,31	8,53-16,78	0,94-9,47	7,78-13,92	5,81-16,69	7,13-16,78	59,00-1434,00
27	46	7,94 (1,85)	13,97 (2,82)	6,04 (3,26)	10,97 (1,74)	8,47 (1,77)	13,86 (2,94)	703,78 (0,33)
		0,09-11,81	9,38-22,22	1,13-13,59	6,89-15,89	5,16-12,66	8,53-22,22	91,00-1543,00
28	32	9,91 (2,82)	17,10 (2,97)	7,19 (2,76)	13,50 (2,55)	9,91 (2,82)	17,10 (2,97)	369,56 (0,13)
		4,31-21,84	10,69-26,25	1,69-12,28	9,61-24,05	4,31-21,84	10,69-26,25	128,00-592,00
29	29	13,43 (4,24)	18,98 (4,23)	5,55 (3,85)	16,20 (3,77)	13,62 (4,21)	18,98 (4,23)	240,93 (0,10)
		5,63-21,19	9,00-27,19	0,75-14,16	7,31-24,09	5,63-21,19	9,00-27,19	90,00-636,00
30	107	12,46 (4,42)	17,36 (4,61)	4,90 (3,93)	14,91 (4,07)	12,48 (4,42)	17,36 (4,61)	253,88 (0,12)
		4,59-28,50	10,03-38,25	0,28-20,72	8,53-33,37	4,59-28,50	10,03-38,25	84,00-955,00
31	26	9,38 (3,67)	13,97 (3,38)	4,59 (1,44)	11,68 (3,45)	9,49 (3,87)	13,94 (3,40)	390,88 (0,09)
		3,84-16,22	8,72-20,06	2,53-7,97	6,84-18,05	3,84-16,97	8,44-20,06	150,00-550,00
33	76	10,85 (3,66)	17,69 (4,64)	6,84 (3,54)	14,27 (3,78)	10,89 (3,66)	17,67 (4,63)	320,69 (0,12)
		3,00-23,44	10,22-36,28	0,38-24,84	8,44-29,39	3,00-23,44	10,22-36,28	144,00-827,00
34	85	8,71 (2,15)	12,30 (2,07)	3,58 (2,35)	10,50 (1,75)	9,31 (2,59)	11,82 (2,20)	433,76 (0,29)
		3,28-13,13	7,69-17,63	0,19-10,22	6,80-14,62	3,28-17,63	6,00-15,94	64,00-2037,00
35	71	11,62 (4,76)	17,76 (5,67)	6,14 (4,44)	14,69 (4,74)	11,76 (4,80)	17,70 (5,69)	268,28 (0,12)
		2,81-30,38	4,22-37,97	0,19-26,25	3,52-32,44	3,28-30,38	2,81-37,97	64,00-816,00
36	34	10,06 (1,96)	13,89 (2,43)	3,95 (2,69)	11,97 (1,73)	10,90 (2,56)	13,68 (2,45)	514,88 (0,28)
		5,16-14,44	8,63-18,84	0,56-11,34	8,34-15,75	5,16-15,75	8,63-18,84	165,00-1243,00
37	201	12,67 (3,89)	18,22 (4,26)	5,54 (3,35)	15,45 (3,72)	12,80 (3,89)	18,17 (4,31)	281,68 (0,13)
		3,09-30,00	3,75-36,38	0,09-20,25	3,42-33,14	3,09-30,00	3,66-36,38	37,00-881,00
38	153	11,86 (5,09)	19,93 (5,60)	8,07 (4,95)	15,88 (4,73)	11,90 (5,09)	19,90 (5,62)	293,54 (0,16)
		2,44-27,47	4,69-37,13	0,38-23,16	4,45-30,19	2,44-27,47	4,50-37,13	59,00-949,00
39	63	9,49 (2,72)	12,82 (2,44)	3,33 (2,20)	11,15 (2,34)	9,95 (2,90)	12,30 (2,74)	524,70 (0,26)
		4,41-19,69	8,72-22,22	0,38-10,69	7,64-20,95	4,41-19,69	6,66-22,22	117,00-1333,00
40	149	8,41 (1,88)	12,10 (2,50)	3,69 (2,14)	10,25 (1,94)	8,85 (2,02)	11,95 (2,55)	504,05 (0,28)
		4,31-12,56	6,94-19,78	0,28-9,19	6,28-15,23	4,31-14,25	6,94-19,78	85,00-1836,00
41	68	13,53 (4,60)	19,69 (6,04)	6,16 (4,84)	16,61 (4,80)	13,59 (4,64)	19,63 (6,08)	260,98 (0,13)
		3,56-32,06	4,50-38,91	0,09-21,00	4,41-33,23	3,56-32,06	4,50-38,91	76,00-666,00
42	35	11,16 (4,42)	17,33 (4,65)	6,17 (3,75)	14,25 (4,13)	11,20 (4,44)	17,30 (4,67)	296,37 (0,14)
		3,75-22,03	9,94-27,38	1,31-23,63	7,17-24,52	3,75-22,03	9,94-27,38	139,00-939,00
43	6	6,89 (1,91)	17,39 (2,20)	10,50 (3,81)	12,14 (0,78)	6,89 (1,91)	17,39 (2,20)	187,33 (0,05)
		4,22-9,00	13,50-19,69	4,50-14,06	11,25-13,22	4,22-9,00	13,50-19,69	103,00-270,00
48	42	15,88 (9,31)	25,08 (10,82)	9,20 (5,41)	20,48 (9,72)	15,95 (9,31)	25,08 (10,82)	295,35 (0,11)
		4,31-47,81	10,78-67,78	2,53-28,97	7,97-57,80	4,31-47,81	10,78-67,78	121,00-714,00

Continuação da Tabela 17.

n	Assobios	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
49	37	11,56 (2,57)	16,25 (3,24)	4,70 (3,02)	13,90 (2,50)	11,60 (2,56)	16,21 (3,27)	246,37 (0,15)
		6,38-16,88	8,06-23,25	0,75-13,22	7,45-20,06	6,38-16,88	8,06-23,25	53,00-619,00
50	59	11,03 (2,45)	16,75 (3,50)	5,73 (3,16)	13,89 (2,58)	11,08 (2,53)	16,71 (3,53)	265,59 (0,12)
		5,72-18,47	8,44-25,41	0,28-14,53	7,31-20,67	5,72-18,47	8,44-25,41	32,00-534,00
51	1	9,28	23,63	14,34	16,45	9,28	23,63	167,00
52	9	13,02 (2,17)	20,14 (2,91)	7,11 (2,92)	16,58 (2,11)	13,02 (2,17)	20,14 (2,91)	276,11 (0,05)
		9,19-16,41	15,28-24,84	3,00-12,47	13,69-20,63	9,19-16,41	15,28-24,84	202,00-378,00
53	24	15,98 (6,01)	21,79 (5,38)	5,80 (3,90)	18,88 (5,36)	16,18 (6,16)	21,57 (5,42)	336,16 (0,28)
		9,94-26,53	12,38-31,41	0,28-18,38	11,48-28,45	9,94-27,09	10,69-31,41	69,00-1360,00
54	18	13,54 (5,43)	19,09 (3,53)	5,55 (4,55)	16,32 (3,97)	13,63 (5,49)	19,02 (3,45)	332,67 (0,16)
		2,63-23,91	11,72-27,00	0,47-16,59	9,94-25,45	2,63-23,91	11,72-27,00	86,00-619,00
55	12	8,00 (2,87)	11,96 (2,36)	3,96 (2,29)	9,98 (2,37)	8,01 (2,89)	11,89 (2,34)	532,00 (0,37)
		3,09-13,31	6,75-13,97	0,38-8,53	4,92-13,50	3,09-13,41	6,75-13,97	272,00-1578,00
56	103	10,48 (3,32)	16,63 (4,56)	6,15 (3,69)	13,55 (3,54)	10,62 (3,38)	16,56 (4,56)	280,79 (0,12)
		2,91-23,34	7,50-32,34	0,09-18,09	6,94-27,84	2,91-23,34	7,50-32,34	85,00-823,00
57	214	11,28 (4,13)	17,68 (4,52)	6,40 (4,19)	14,48 (3,79)	11,42 (4,11)	17,64 (4,58)	265,92 (0,12)
		4,22-23,16	6,94-31,22	0,19-24,56	6,47-24,94	4,22-23,16	6,94-31,22	75,00-752,00
58	13	9,83 (2,07)	15,59 (3,05)	5,76 (2,58)	12,71 (2,27)	9,83 (2,07)	15,59 (3,05)	278,69 (0,11)
		7,50-14,06	11,16-19,88	2,34-12,38	9,70-16,41	7,50-14,06	11,16-19,88	90,00-485,00
59	18	12,77 (21,56)	19,11 (39,75)	6,34 (24,47)	15,94 (3,94)	12,77 (21,56)	19,11 (39,75)	217,17 (0,53)
		8,72-21,56	13,97-39,75	1,03-24,47	12,38-27,52	8,72-21,56	13,97-39,75	27,00-528,00
60	15	11,34 (2,37)	15,71 (3,93)	4,37 (4,35)	13,53 (2,41)	11,46 (2,52)	15,70 (3,94)	272,57 (0,16)
		7,97-15,09	9,94-27,00	1,41-18,47	8,95-17,77	7,97-15,84	9,94-27,00	79,00-592,00
63	78	12,04 (4,85)	21,81 (6,79)	9,77 (5,83)	16,96 (5,10)	12,12 (4,90)	21,68 (6,83)	238,41 (0,10)
		2,25-29,91	3,94-35,25	0,56-21,94	3,66-31,92	2,25-29,91	3,94-35,25	53,00-683,00
64	6	14,31 (4,59)	17,89 (2,65)	3,58 (3,13)	16,10 (3,41)	14,31 (4,59)	17,89 (2,65)	252,50 (0,04)
		7,22-17,53	13,13-20,16	1,03-9,75	11,44-18,84	7,22-17,53	13,13-20,16	187,00-309,00
65	7	13,54 (4,54)	16,70 (3,88)	3,16 (1,15)	15,12 (4,18)	13,54 (4,54)	16,70 (3,88)	284,57 (0,14)
		6,09-16,78	9,94-19,97	0,94-4,69	8,02-18,28	6,09-16,78	9,94-19,97	90,00-555,00
67	18	10,33 (3,93)	18,89 (4,22)	8,55 (5,18)	14,61 (3,15)	10,39 (3,97)	18,89 (4,22)	312,39 (0,15)
		5,44-20,63	10,59-26,91	0,66-20,44	9,84-23,62	5,44-20,63	10,59-26,91	101,00-710,00
68	2	11,06 (0,27)	16,64 (0,20)	5,58 (0,07)	13,85 (0,23)	11,06 (0,27)	16,64 (0,20)	342,00 (0,02)
		10,88-11,25	16,50-16,78	5,53-5,63	13,69-14,02	10,88-11,25	16,50-16,78	325,00-359,00
69	23	10,63 (2,11)	17,28 (3,81)	6,64 (3,60)	13,96 (19,78)	10,66 (2,09)	17,28 (3,81)	347,52 (0,15)
		6,94-15,94	11,72-28,31	2,16-17,06	9,37-19,78	6,94-15,94	11,72-28,31	85,00-650,00
70	33	11,71 (5,35)	19,58 (5,57)	7,87 (3,59)	15,65 (5,16)	11,74 (5,36)	19,53 (5,65)	321,42 (0,16)
		5,91-29,25	11,34-34,69	0,94-14,72	8,63-31,97	5,91-29,25	10,41-34,69	70,00-726,00
71	15	10,78 (3,91)	17,08 (3,23)	6,30 (3,18)	13,93 (3,21)	10,85 (3,97)	17,01 (3,29)	324,86 (0,13)
		4,78-17,06	12,19-22,22	1,03-10,69	9,98-19,64	4,78-17,06	12,19-22,22	102,00-534,00
72	20	10,94 (4,66)	18,21 (5,11)	7,27 (4,46)	14,57 (4,35)	10,94 (4,66)	18,21 (5,11)	241,65 (0,10)
		5,53-24,00	9,47-27,28	2,53-19,03	8,15-25,64	5,53-24,00	9,47-27,28	69,00-416,00
73	9	11,20 (2,64)	18,33 (3,52)	7,14 (2,73)	14,76 (2,79)	11,20 (2,64)	18,33 (3,52)	249,78 (0,08)
		8,34-16,88	13,78-22,59	4,69-13,03	11,06-19,73	8,34-16,88	13,78-22,59	118,00-378,00

Continuação da Tabela 17.

n	Assobios	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
74	5	10,71 (4,78)	18,94 (9,01)	8,23 (7,94)	14,82 (6,02)	10,78 (4,92)	18,79 (9,02)	294,40 (0,18)
		6,47-18,19	11,16-33,28	0,75-21,00	8,91-22,78	6,47-18,56	11,16-33,28	85,00-550,00
75	58	12,14 (5,12)	20,33 (5,02)	8,19 (3,62)	16,23 (4,74)	12,29 (5,21)	20,32 (5,03)	371,46 (0,18)
		5,72-29,63	13,22-34,69	1,03-19,88	10,31-31,41	5,72-29,72	12,22-34,69	91,00-907,00
76	9	17,01 (6,15)	22,96 (6,29)	5,95 (2,37)	19,98 (6,11)	17,02 (6,15)	22,92 (6,21)	293,89 (0,13)
		9,09-28,88	14,91-34,03	2,25-9,19	13,21-31,45	9,09-28,88	14,91-33,66	166,00-602,00
77	47	11,93 (3,03)	17,61 (3,29)	5,69 (3,04)	14,77 (2,77)	11,95 (3,04)	17,61 (3,29)	259,64 (0,13)
		5,91-19,22	11,34-23,44	0,38-13,03	10,27-20,53	5,91-19,22	11,34-23,44	49,00-864,00
83	2	12,80 (2,19)	18,94 (8,22)	6,14 (6,03)	15,87 (5,20)	12,80 (2,19)	18,94 (8,22)	317,50 (0,25)
		11,25-14,34	13,13-24,75	1,88-10,41	12,19-19,55	11,25-14,34	13,13-24,75	139,00-496,00
85	37	12,08 (4,31)	21,02 (5,14)	8,94 (3,37)	16,55 (4,43)	12,08 (4,31)	21,02 (5,14)	260,62 (0,06)
		6,75-29,25	10,59-34,31	2,34-17,06	9,42-31,78	6,75-29,25	10,59-34,31	165,00-443,00
86	12	9,63 (1,73)	16,95 (6,72)	7,31 (7,20)	13,29 (3,33)	9,65 (1,74)	16,81 (6,82)	291,17 (0,14)
		6,28-11,44	11,81-32,91	0,47-22,22	10,69-21,80	6,28-11,53	11,34-32,91	123,00-560,00
87	32	7,75 (3,92)	19,08 (5,86)	11,32 (6,32)	13,42 (3,85)	7,98 (3,66)	19,04 (5,96)	381,41 (0,09)
		0,09-17,81	5,06-30,56	1,31-30,47	4,03-19,55	3,00-17,81	4,22-30,56	203,00-576,00
88	23	12,05 (5,20)	20,39 (4,84)	8,34 (4,77)	16,22 (4,42)	12,07 (5,21)	20,39 (4,84)	412,17 (0,22)
		5,53-29,53	11,91-32,63	1,69-19,59	9,84-31,08	5,53-29,53	11,91-32,63	139,00-1131,00
89	5	11,38 (0,45)	16,05 (2,14)	4,67 (2,31)	13,72 (1,02)	11,38 (0,45)	16,05 (2,14)	312,80 (0,16)
		10,69-11,81	12,84-18,09	1,59-7,41	12,05-14,67	10,69-11,81	12,84-18,09	181,00-576,00
90	38	9,45 (4,32)	17,47 (4,37)	8,02 (4,69)	13,46 (3,66)	9,45 (4,32)	17,47 (4,37)	407,60 (0,34)
		2,91-26,53	13,13-34,03	1,22-21,00	8,58-30,28	2,91-26,53	13,13-34,03	85,00-1707,00
91	29	10,14 (3,64)	16,30 (3,84)	6,16 (3,73)	13,22 (3,25)	10,44 (3,85)	16,20 (3,91)	402,83 (0,20)
		3,56-15,47	10,50-26,53	0,66-13,41	7,03-21,00	3,56-16,59	10,50-26,53	145,00-955,00
92	6	9,81 (1,33)	16,80 (2,19)	6,98 (2,15)	13,30 (1,46)	9,81 (1,33)	16,80 (2,19)	254,17 (0,04)
		7,13-10,50	15,38-20,81	4,88-10,31	11,25-15,65	7,13-10,50	15,38-20,81	181,00-304,00
93	3	8,69 (1,65)	12,59 (3,88)	3,91 (3,94)	10,64 (2,24)	8,69 (1,65)	12,50 (4,03)	346,66 (0,08)
		7,69-10,59	8,34-15,94	0,56-8,25	8,06-12,05	7,69-10,59	8,06-15,94	272,00-442,00
95	1	10,22	13,59	3,38	11,90	10,22	13,59	283,00
96	34	14,96 (5,88)	19,88 (5,70)	4,92 (3,84)	16,88 (6,22)	15,08 (5,74)	19,87 (5,72)	223,26 (0,11)
		5,44-29,25	9,75-30,09	0,66-21,00	0,02-29,67	5,44-29,25	9,38-30,09	80,00-485,00
97	45	10,60 (3,58)	17,53 (3,95)	6,93 (3,27)	14,06 (3,39)	10,63 (3,58)	17,50 (3,95)	345,84 (0,15)
		5,06-22,22	11,63-30,84	1,50-15,28	10,17-26,53	5,06-22,22	11,63-30,84	128,00-761,00
98	12	11,09 (2,43)	21,97 (7,20)	10,88 (8,95)	16,53 (2,97)	11,09 (2,43)	21,97 (7,20)	311,25 (0,14)
		8,06-14,81	15,38-30,47	1,41-22,41	12,19-19,88	8,06-14,81	15,38-30,47	112,00-474,00
100	15	14,72 (6,07)	20,66 (6,49)	5,94 (3,73)	17,69 (6,00)	14,73 (6,07)	20,63 (6,51)	171,80 (0,10)
		5,81-29,25	10,03-33,28	0,56-13,03	9,38-31,27	5,81-29,25	10,03-33,28	129,00-438,00
102	2	9,61 (0,33)	27,19 (0,66)	17,58 (0,99)	18,40 (0,17)	9,61 (0,33)	27,19 (0,66)	208,00 (0,02)
		9,38-9,84	26,72-27,66	16,88-18,28	18,28-18,52	9,38-9,84	26,72-27,66	192,00-224,00
103	17	11,76 (2,58)	17,82 (4,09)	6,07 (3,42)	14,79 (2,96)	11,76 (2,58)	17,82 (4,09)	309,53 (0,14)
		6,66-15,19	12,19-30,09	1,22-15,75	10,17-22,22	6,66-15,19	12,19-30,09	150,00-726,00
104	92	9,91 (4,74)	21,34 (7,80)	11,43 (7,76)	15,63 (5,15)	10,26 (4,98)	21,14 (7,94)	415,67 (0,34)
		2,63-23,91	3,94-47,16	0,66-33,66	3,61-32,90	2,63-24,28	3,09-47,16	57,00-2298,00

Continuação da Tabela 17.

n	Assobios	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
105	13	11,41 (0,80)	16,44 (4,29)	5,03 (4,02)	13,92 (2,34)	13,57 (1,43)	15,79 (4,68)	300,23 (0,12)
		10,41-13,50	12,47-27,38	1,03-15,00	11,63-19,88	11,34-15,84	12,09-27,38	79,00-513,00
106	9	10,21 (2,45)	17,10 (2,87)	6,89 (2,14)	13,65 (2,44)	10,21 (2,45)	17,10 (2,87)	244,12 (0,09)
		5,91-14,72	12,47-21,00	3,09-9,47	10,12-17,86	5,91-14,72	12,47-21,00	112,00-379,00
107	12	7,25 (1,70)	12,31 (1,24)	5,05 (2,00)	9,78 (1,11)	7,66 (2,18)	12,18 (1,46)	263,09 (0,08)
		2,72-8,81	10,50-14,72	1,88-9,09	7,27-11,77	2,72-10,59	9,75-14,72	171,00-421,00
111	32	11,86 (4,51)	21,20 (5,49)	9,34 (4,51)	16,53 (4,49)	12,06 (4,41)	21,05 (5,38)	259,56 (0,11)
		7,03-24,66	15,56-33,84	0,66-21,38	11,67-28,97	7,03-24,66	15,56-33,84	75,00-528,00
112	13	10,93 (5,25)	25,07 (4,87)	14,14 (4,91)	18,00 (4,43)	10,93 (5,25)	25,07 (4,87)	275,84 (0,08)
		4,22-20,72	17,72-30,09	5,53-20,25	11,67-25,41	4,22-20,72	17,72-30,09	117,00-389,00
113	19	11,13 (4,38)	18,50 (4,44)	7,37 (4,91)	14,81 (3,66)	11,16 (4,36)	18,50 (4,44)	345,47 (0,16)
		6,00-23,34	11,53-26,34	1,13-17,72	10,17-24,61	6,00-23,34	11,53-26,34	86,00-683,00
114	20	12,26 (4,02)	20,20 (5,43)	7,94 (3,67)	16,23 (4,41)	12,39 (4,06)	20,20 (5,43)	281,45 (0,16)
		6,00-20,53	11,81-29,81	3,56-15,66	9,70-22,36	6,00-20,53	11,81-29,81	140,00-752,00
115	32	6,86 (3,27)	18,74 (4,78)	11,88 (5,59)	12,80 (3,00)	6,86 (3,27)	18,74 (4,78)	436,68 (0,19)
		2,16-14,91	6,56-29,72	1,97-23,25	5,58-18,52	2,16-14,91	6,56-29,72	144,00-859,00
116	23	15,67 (5,75)	27,28 (7,42)	11,61 (6,75)	21,04 (5,88)	15,84 (5,61)	27,11 (7,79)	261,78 (0,11)
		6,66-29,34	13,31-33,38	0,66-24,47	10,55-30,66	6,66-29,34	9,38-33,38	59,00-565,00
117	4	11,11 (4,74)	25,48 (2,47)	14,37 (7,20)	18,29 (1,16)	11,11 (4,74)	25,48 (2,47)	516,50 (0,28)
		4,13-14,72	23,53-29,06	8,81-24,94	16,59-19,12	4,13-14,72	23,53-29,06	293,00-921,00
118	2	13,03 (1,46)	20,58 (0,99)	7,55 (2,45)	16,80 (0,23)	13,03 (1,46)	20,58 (0,99)	298,50 (0,06)
		12,00-14,06	19,88-21,28	5,81-9,28	16,64-16,96	12,00-14,06	19,88-21,28	256,00-341,00
120	11	8,85 (2,33)	14,66 (1,64)	5,81 (2,26)	11,75 (1,67)	8,85 (2,33)	14,66 (1,64)	568,18 (0,21)
		5,72-12,28	12,09-18,09	1,69-8,44	8,91-13,88	5,72-12,28	12,09-18,09	181,00-794,00
121	32	11,32 (4,19)	19,39 (4,82)	8,07 (6,87)	15,36 (2,93)	11,78 (4,57)	19,27 (4,81)	391,87 (0,67)
		3,38-20,91	12,28-34,50	1,22-27,19	10,64-21,70	3,38-22,50	12,28-34,50	48,00-2432,00
122	44	11,43 (5,24)	19,91 (5,15)	8,49 (6,25)	15,67 (4,15)	11,50 (5,34)	19,81 (5,16)	261,38 (0,24)
		3,47-24,38	10,69-30,00	0,75-25,13	9,98-27,05	3,47-24,38	10,69-30,00	80,00-1569,00
123	66	10,73 (3,74)	22,53 (6,48)	11,79 (7,17)	16,63 (3,89)	10,75 (3,73)	22,53 (6,48)	242,85 (0,09)
		5,25-20,72	10,50-45,28	1,31-26,25	8,39-33,00	5,25-20,72	10,50-45,28	59,00-533,00
124	19	13,18 (6,42)	20,95 (4,71)	7,77 (4,99)	17,07 (5,05)	13,30 (6,52)	20,87 (4,64)	312,79 (0,15)
		7,97-33,75	13,13-34,50	0,28-17,25	11,58-34,13	7,97-33,84	13,13-34,50	59,00-566,00
125	1	9,09	29,53	20,44	19,31	9,09	29,53	490,00
126	11	11,39 (3,25)	19,33 (2,02)	7,94 (4,40)	15,36 (1,58)	11,39 (3,25)	19,31 (2,04)	290,00 (0,07)
		6,84-15,94	16,97-22,88	2,44-16,03	12,38-17,39	6,84-15,94	16,78-22,88	155,00-432,00
127	73	13,07 (5,25)	17,59 (4,56)	4,52 (2,25)	15,33 (4,78)	13,14 (5,24)	17,57 (4,52)	260,87 (0,12)
		2,81-31,50	4,41-33,84	0,75-10,22	3,61-32,67	2,81-31,50	4,41-33,84	84,00-592,00
128	7	8,69 (5,22)	17,52 (4,18)	8,83 (5,01)	13,10 (4,01)	8,69 (5,22)	17,52 (4,18)	407,86 (235,85)
		1,50-16,41	9,38-21,84	2,34-14,91	6,94-17,58	1,50-16,41	9,38-21,84	187-805,00
129	1	14,72	19,97	5,25	17,34	14,72	19,97	172,00
131	4	14,81 (1,83)	19,64 (0,42)	4,83 (1,83)	17,11 (1,14)	14,81 (1,83)	19,64 (0,42)	228,00 (0,04)
		12,09-15,94	19,31-20,25	3,47-7,41	15,80-17,81	12,09-15,94	19,31-20,25	192,00-277,00

Continuação da Tabela 17.

n	Assobios	FMin (kHz)	FMax (kHz)	FDelta (kHz)	FCenter (kHz)	FInicial (kHz)	FFinal (kHz)	Duração (ms)
132	6	14,97 (6,42)	21,69 (7,82)	6,72 (2,69)	18,33 (7,03)	14,97 (6,42)	21,69 (7,82)	256,00 (0,09)
		5,53-22,31	8,91-30,66	3,38-10,03	7,22-26,20	5,53-22,31	8,91-30,66	197,00-437,00
133	7	15,60 (3,38)	20,71 (4,78)	5,10 (2,00)	18,15 (4,02)	15,60 (3,38)	20,71 (4,78)	152,43 (0,05)
		8,06-17,81	10,22-24,38	2,16-8,06	9,14-20,34	8,06-17,81	10,22-24,38	96,00-251,00
135	41	7,43 (3,07)	16,39 (4,68)	8,96 (4,51)	11,91 (3,25)	7,44 (3,06)	16,39 (4,68)	499,24 (0,21)
		1,50-16,69	8,81-27,84	2,34-19,31	7,17-20,34	1,50-16,69	8,81-27,84	139,00-1131,00
136	26	11,87 (3,97)	17,43 (4,53)	5,55 (2,81)	14,65 (4,02)	11,87 (3,97)	17,39 (4,44)	224,81 (0,09)
		7,41-21,38	12,84-30,09	1,41-12,38	10,22-25,73	7,41-21,38	12,84-29,63	112,00-448,00
137	10	8,83 (2,55)	20,07 (4,69)	11,24 (4,55)	14,45 (3,01)	8,83 (2,55)	20,07 (4,69)	373,40 (0,09)
		5,63-13,50	13,13-26,53	5,63-17,06	9,38-18,00	5,63-13,50	13,13-26,53	218,00-533,00
138	10	11,09 (4,78)	18,65 (3,94)	7,56 (5,22)	14,87 (3,51)	11,11 (4,80)	18,45 (3,67)	236,30 (0,08)
		6,56-21,75	14,91-24,19	2,34-16,50	10,78-22,92	6,56-21,75	14,91-24,19	102,00-373,00
139	4	6,07 (0,26)	16,17 (3,50)	10,10 (3,36)	11,12 (1,83)	6,07 (0,26)	16,17 (3,50)	313,50 (0,14)
		5,81-6,38	11,06-19,03	5,16-12,66	8,48-12,70	5,81-6,38	11,06-19,03	117,00-427,00
140	23	13,58 (1,21)	19,14 (1,46)	5,56 (1,82)	16,36 (0,98)	13,58 (1,21)	19,14 (1,46)	173,87 (0,09)
		10,78-15,28	17,16-22,22	3,38-10,78	14,53-18,23	10,78-15,28	17,16-22,22	48,00-448,00
141	5	14,94 (0,08)	20,06 (0,20)	5,12 (0,25)	17,50 (0,08)	14,94 (0,08)	20,06 (0,20)	167,20 (0,01)
		14,81-15,00	19,78-20,25	4,78-5,44	17,39-17,62	14,81-15,00	19,78-20,25	149,00-182,00
142	12	11,66 (3,55)	19,27 (2,88)	7,61 (3,40)	15,47 (2,75)	11,76 (3,46)	19,27 (2,88)	369,58 (0,19)
		5,81-17,06	13,03-23,25	3,84-15,28	11,11-19,31	5,81-17,06	13,03-23,25	165,00-811,00
143	2	7,64 (1,92)	18,61 (0,60)	10,97 (1,33)	13,13 (1,26)	7,64 (1,92)	18,61 (0,60)	261,77 (0,02)
		6,28-9,00	18,19-19,03	10,03-11,91	12,23-14,02	6,28-9,00	18,19-19,03	246,00-277,00
144	2	9,94 (0,97)	18,63 (6,19)	8,70 (5,78)	14,28 (3,36)	9,94 (0,97)	18,63 (6,19)	243,50 (0,21)
		8,63-10,97	13,97-27,56	3,84-16,59	12,05-19,27	8,63-10,97	13,97-27,56	69,00-517,00
145	19	13,36 (8,86)	21,75 (8,95)	8,39 (7,84)	17,56 (7,99)	13,44 (8,78)	21,62 (9,16)	289,42 (0,15)
		2,16-36,28	3,94-39,19	0,47-24,56	3,05-37,73	3,47-36,28	2,16-29,19	80,00-555,00
146	11	9,44 (2,48)	24,70 (8,28)	15,26 (9,57)	17,07 (3,80)	9,44 (2,48)	24,70 (8,28)	369,82 (0,16)
		5,25-13,03	15,75-37,22	5,44-28,88	11,02-22,78	5,25-13,03	15,75-37,22	203,00-811,00
147	23	12,43 (7,20)	27,21 (6,85)	14,78 (5,44)	19,82 (6,48)	12,53 (7,12)	27,21 (6,85)	271,78 (0,10)
		3,47-28,41	10,88-38,91	3,94-26,53	8,91-33,65	3,47-28,41	10,88-38,91	52,00-438,00
148	43	11,62 (4,53)	19,58 (5,41)	7,96 (4,57)	15,60 (4,44)	11,95 (4,82)	19,50 (5,11)	305,91 (0,12)
		5,25-36,09	13,03-40,78	2,16-22,69	10,78-38,44	5,25-38,34	13,03-37,41	101,00-709,00

Tabela 18 – Identificação dos eventos de detecção do Canal de São Sebastião (CSS). São apresentados o n dos eventos de detecção, n de assobios analisados, identificação do ROCCA, identificação do teste PCA, porcentagem de identificação por espécie do modelo de identificação de espécies de odontocetos RF (*Random Forest*). *Tursiops truncatus* (Tt), *Orcinus orca* (Oo), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella frontalis* (Sf) e *Stenella longirostris* (Sl). A sugestão de identificação de espécie é apresentada no índice de identificação (Id.), em negrito se evidencia as identificações de odontocetos no CSS. Os eventos de detecção (n) 2, 3, 4, 17, 19, 21, 23, 24, 26, 27 não foram considerados para análise por não possuírem assobios de odontocetos a serem identificados.

Detecção	assobios	ROCCA	PCA	Random Forest (%)					
				Tt	Oo	Sg	Sf	Sl	Id. (%>50)
1	176	Sb	n. id.	0	18	82	0	0	Sg
5	24	Tt	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
6	4	Sb	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
7	39	Tt	Sf	0	0	0	0	0	n. id.
8	5	n. id.	Sf	0	0	0	0	0	n. id.
9	5	n.id.	Sf	0	0	0	0	0	n. id.
10	24	Tt	Sf	0	0	0	0	0	n. id.
11	27	n. id.	Sf	0	0	0	0	0	n. id.
12	478	Sb, Tt	Sf	0	0	0	0	0	n. id.
13	20	n. id.	Sf	0	0	0	0	0	n. id.
14	222	Tt, Sb	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
15	11	Tt	Oo	0	0	0	0	0	n. id.
16	7	Sb	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
18	7	Sb	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
20	3	Sb	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
22	26	Tt	Sf	0	0	0	0	0	n. id.
28	2	n. id.	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
29	117	Tt, Sb	Sg	0	0	0	0	0	n. id.
30	8	n. id.	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
31	22	Tt	n. id.	0	0	0	0	0	n. id.
32	20	Tt	Sg	0	0	70	30	0	Sg
33	38	Tt	Sg	0	0	82	16	2	Sg
34	87	Sa, Tt	Sg	0	0	60	26	14	Sg
35	53	Tt	Sg	0	0	92	8	0	Sg
36	69	Tt	Sg	0	0	20	77	3	Sf
37	17	Tt	Sg	0	0	71	24	5	Sg

Tabela 19 – Identificação dos eventos de detecção do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). São apresentados o n dos eventos de detecção, n de assobios analisados, identificação do ROCCA, identificação do teste PCA, porcentagem de identificação por espécie do modelo de identificação de espécies de odontocetos RF (*Random Forest*). *Tursiops truncatus* (Tt), *Orcinus orca* (Oo), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella frontalis* (Sf) e *Stenella longirostris* (Sl). A sugestão de identificação de espécie é apresentada no índice de identificação (Id.), em negrito se evidencia as identificações de odontocetos no PEIA. Os eventos de detecção (n) 5, 6, 7, 13, 32, 44, 45, 46, 47, 61, 62, 66, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 94, 99, 101, 108, 109, 110, 119, 130, 134 não foram considerados para análise por não possuírem assobios de odontocetos a serem identificados.

Detecção	assobios	ROCCA	PCA	Random Forest (%)					
				Tt	Oo	Sg	Sf	Sl	Id. (%>50)
1	180	Tt	Sg	1	0	58	23	18	Sg
2	19	Tt	Sg	0	0	0	0	0	n. id.
3	21	Sb	n. id.	0	0	34	33	33	n. id.
4	35	Tt, Sa, Sb	Sg	0	0	86	3	11	Sg
8	14	Tt	Sg	0	0	50	21	29	Sg
9	53	Tt	n. id.	0	0	72	20	8	Sg
10	34	Sa, Tt	n. id.	0	0	65	20	15	Sg
11	9	Tt	Sg	0	0	56	22	22	Sg
12	51	Sb	n. id.	0	33	0	67	0	Sf
14	35	Tt	Sf	0	0	15	34	51	Sl
15	69	Tt	Sg	0	0	60	33	7	Sg
16	7	n. id.	Sg	0	0	100	0	0	Sg
17	42	Tt	Sg	0	0	90	7	3	Sg
18	19	Tt	n. id.	0	0	63	37	0	Sg
19	86	Tt	Sg	0	0	62	33	6	Sg
20	3	Tt	n. id.	0	0	67	33	0	Sg
21	3	n. id.	n. id.	0	0	33	67	0	Sf
22	24	n. id.	n. id.	0	0	84	8	8	Sg
23	6	n. id.	n. id.	0	0	50	17	33	Sg
24	41	Sa, Tt, Sb	Sg	0	2	68	24	5	Sg
25	122	Sa, Tt	Sg	0	0	74	17	9	Sg
26	86	Tt	Sf	0	0	16	26	58	Sl
27	46	Tt	Sf	0	0	0	22	78	Sl
28	32	Tt	Sg	0	0	66	22	13	Sg
29	29	Sa, Tt	Sg	0	0	83	14	3	Sg
30	107	Tt	Sg	0	0	69	16	15	Sg
31	26	n. id.	n. id.	0	0	35	58	8	Sf
33	76	Tt	Sg	0	0	68	24	8	Sg
34	85	Tt, Sa, Sb	Sf	0	0	13	39	48	n. id.
35	144	Tt, Sa, Sb	Sg	0	0	70	13	17	Sg
36	34	n. id.	n. id.	0	0	21	26	53	Sl
37	201	Sa, Sb, Tt	Sg	0	0	76	16	7	Sg
38	153	Tt	Sg	0	1	76	14	8	Sg
39	63	Sb	Sf	0	0	17	30	52	Sl

Continuação da Tabela 19.

Detecção	assobios	ROCCA	PCA	<i>Random Forest (%)</i>					
				Tt	Oo	Sg	Sf	Sl	Id. (%>50)
40	149	Sa, Sc	Sf	1	0	9	40	50	Sl
41	68	Tt	Sg	0	3	77	8	12	Sg
42	35	Tt	Sg	0	0	69	26	6	Sg
43	6	Gm	n. id.	0	0	83	17	0	Sg
48	42	Tt	n. id.	0	0	80	20	0	Sg
49	37	Tt, Sa, Sb	Sg	0	0	59	30	11	Sg
50	59	Sb, Sa, Tt	Sg	0	0	68	25	7	Sg
51	1	n. id.	n. id.	0	0	100	0	0	Sg
52	9	n. id.	Sg	0	0	100	0	0	Sg
53	24	Tt	n. id.	0	0	83	13	4	Sg
54	18	Tt	Sg	0	0	72	6	22	Sg
55	12	n. id.	Sf	0	0	8	58	33	Sf
56	103	Tt	Sg	0	0	63	27	10	Sg
57	214	Sa, Tt	Sg	1	0	72	21	6	Sg
58	13	Tt	Sg	0	0	54	31	15	Sg
59	18	Tt	Sg	0	0	83	17	0	Sg
60	15	n. id.	Sg	0	0	67	27	7	Sg
63	78	Tt	Sg	0	0	86	13	1	Sg
64	6	n. id.	n. id.	0	0	83	17	0	Sg
65	7	n. id.	n. id.	0	0	57	29	14	Sg
67	18	Tt	Sg	0	0	88	6	6	Sg
68	2	Tt	Sg	0	0	50	50	0	n. id.
69	23	Tt	Sg	0	0	65	26	9	Sg
70	33	Sa, Tt	Sg	0	0	76	18	6	Sg
71	15	Tt	Sg	0	0	33	60	7	Sf
72	20	Tt,	Sg	0	0	75	25	0	Sg
73	9	Tt	Sg	0	0	56	44	0	Sg
74	5	n. id.	Sg	0	0	80	20	0	Sg
75	58	Tt	Sg	0	0	74	14	12	Sg
76	9	Tt	n. id.	0	0	89	11	0	Sg
77	47	Tt, Sa, Sb	Sg	0	0	77	11	13	Sg
83	2	n. id.	Sg	0	0	50	50	0	n. id.
85	37	Tt	Sg	0	0	95	0	5	Sg
86	12	Tt	Sg	0	0	58	17	25	Sg
87	32	Tt	Sg	0	3	84	13	0	Sg
88	23	Tt	Sg	0	0	70	26	4	Sg
89	5	n. id.	Sg	0	0	80	0	20	Sg
90	38	Tt, Sa, Sb	Sg	0	0	58	39	3	Sg
91	29	Tt, Sa, Sb	Sg	0	0	28	45	28	n. id.
92	6	n. id.	Sg	0	0	83	17	0	Sg

Continuação da Tabela 19.

Detecção	assobios	ROCCA	PCA	<i>Random Forest (%)</i>					
				Tt	Oo	Sg	Sf	Sl	Id. (%>50)
93	3	n. id.	n. id.	0	0	67	33	0	Sg
95	1	n. id.	n. id.	0	0	0	100	0	Sf
96	34	Sa, Tt	n. id.	0	0	82	15	3	Sg
97	45	Tt	Sg	0	0	53	36	11	Sg
98	12	Tt	Sg	0	0	92	0	8	Sg
100	15	Tt	n. id.	0	0	87	7	7	Sg
102	2	Tt	n. id.	0	0	100	0	0	Sg
103	17	Tt	Sg	0	0	71	18	12	Sg
104	92	Tt	Sg	0	0	70	26	4	Sg
105	13	n. id.	n. id.	0	0	46	8	46	n. id.
106	9	n. id.	Sg	0	0	78	22	0	Sg
107	12	Tt	n. id.	0	0	0	83	17	Sf
111	32	Tt	Sg	0	0	91	9	0	Sg
112	13	n. id.	Sg	0	0	100	0	0	Sg
113	19	Tt	Sg	0	0	74	16	11	Sg
114	20	n. id.	Sg	0	0	70	15	15	Sg
115	32	Tt	n. id.	0	0	59	41	0	Sg
116	23	Tt	n. id.	0	0	92	4	4	Sg
117	4	n. id.	Sg	0	0	100	0	0	Sg
118	2	n. id.	Sg	0	0	100	0	0	Sg
120	11	n. id.	Sf	9	0	18	36	36	n. id.
121	32	Tt	Sg	0	0	78	6	16	Sg
122	44	Tt	Sg	0	0	80	2	18	Sg
123	66	Tt	Sg	0	0	88	12	0	Sg
124	19	n. id.	Sg	0	0	84	11	5	Sg
125	1	n. id.	n. id.	0	0	100	0	0	Sg
126	11	n. id.	Sg	0	0	100	0	0	Sg
127	73	Tt	Sg	1	0	78	15	5	Sg
128	7	Tt	Sg	0	0	43	43	14	n. id.
129	1	n. id.	n. id.	0	0	100	0	0	Sg
131	4	n. id.	n. id.	0	0	100	0	0	Sg
132	6	n. id.	Sg	0	0	0	0	0	n. id.
133	7	Tt	n. id.	0	0	86	14	0	Sg
135	41	Tt	n. id.	0	0	46	44	10	n. id.
136	26	n. id.	Sg	0	0	69	31	0	Sg
137	10	Tt	Sg	0	0	80	20	0	Sg
138	10	Tt	Sg	0	0	90	10	0	Sg
139	4	Tt	n. id.	0	0	100	0	0	Sg
140	23	n. id.	Sg	0	0	96	4	0	Sg

Continuação da Tabela 19.

Detecção	assobios	ROCCA	PCA	<i>Random Forest (%)</i>					
				Tt	Oo	Sg	Sf	Sl	Id. (%>50)
141	5	Tt	n. id.	0	0	100	0	0	Sg
142	12	Tt	Sg	0	0	67	33	0	Sg
143	2	n. id.	n. id.	0	0	100	0	0	Sg
144	4	n. id.	Sg	0	0	50	50	0	n. id.
145	19	Tt	Sg	0	0	68	32	0	Sg
146	11	Tt	Sg	0	0	91	9	0	Sg
147	23	Tt	Sg	0	0	96	4	0	Sg
148	43	Tt	Sg	0	0	79	12	9	Sg

Tabela 20 – Resultados da matriz de confusão e erro de classificação do novo modelo *Random Forest* (RF) de identificação de assobios de odontocetos: *Orcinus orca* (Oo), *Stenella frontalis* (Sf), *Sotalia guianensis* (Sg), *Stenella longirostris* (Sl) e de *Tursiops truncatus* (Tt). Os valores que não estão em negrito foram classificados incorretamente pelo modelo. O erro de classificação (OOB) mostra a porcentagem total de assobios que foram classificadas erroneamente.

Obs	Oo	Sf	Sg	Sl	Tt	OOB (%)
Oo	1	89	1	1	0	99
Sf	88	78	105	16	2	73
Sg	1	27	3479	31	3	2
Sl	0	9	54	182	6	27
Tt	0	2	12	28	38	52

Tabela 21 – Detecções de ecolocalização que se assemelha ao da toninha (*P. blainvillei*) no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) entre julho e agosto de 2015. São exibidos o número de identificação de cada detecção (n), as datas (em dia, mês e ano), período (em horas e minutos), e as horas, minutos e segundos (H:M:S) dos registros acústicos.

n	Data	Período	H:M:S
1	30/07/2016	23:50 às 23:55	00:01:58
2	31/07/2016	02:55 às 03:10	00:03:58
3	31/07/2016	03:40 às 03:45	00:01:58
4	31/07/2016	04:25 às 04:45	00:04:54
5	31/07/2016	05:10 às 05:20	00:02:57
6	31/07/2016	05:55 às 06:05	00:02:57
7	31/07/2016	08:45	00:00:59
8	31/07/2016	17:15	00:00:59
9	06/08/2016	04:05	00:00:59
10	09/08/2016	12:30	00:00:59
11	09/08/2016	14:40	00:00:59
12	10/08/2016	11:25	00:00:59
13	11/08/2016	11:15 às 11:30	00:03:55
14	12/08/2016	20:15 às 20:35	00:04:54
15	13/08/2016	22:15	00:00:59
16	14/08/2016	04:30 às 04:35	00:01:58
17	16/08/2016	09:35	00:00:59
18	16/08/2016	14:55	00:00:59