

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Entre saltos, cliques e borrifos: comparação dos métodos acústico e visual em um levantamento embarcado de cetáceos

LARISSA DALPAZ DE AZEVEDO

Florianópolis
2017

LARISSA DALPAZ DE AZEVEDO

Entre saltos, cliques e borrifos: comparação dos métodos acústico e visual em um levantamento embarcado de cetáceos

Monografia submetida ao Programa de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharela em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Leonardo Liberali Wedekin

Coorientador: Dr. Fábio Gonçalves Daura-Jorge

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dalpaz, Larissa

Entre saltos, cliques e borrifos : comparação dos métodos acústico e visual em um levantamento embarcado de cetáceos / Larissa Dalpaz ; orientador, Leonardo Liberali Wedekin, coorientador, Fábio Gonçalves Daura-Jorge, 2017.
57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Monitoramento de cetáceos. 3. Comparação de métodos. 4. Estado do mar. 5. Sazonalidade. I. Liberali Wedekin, Leonardo. II. Gonçalves Daura-Jorge, Fábio. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Larissa Dalpaz de Azevedo

Entre saltos, cliques e borrifos: comparação dos métodos acústico e visual em um levantamento embarcado de cetáceos

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de bacharela em Ciências Biológicas e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Ciências Biológicas.

Florianópolis, 23 de junho de 2017.

Professor Carlos Roberto Zanetti, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Leonardo Liberali Wedekin, Dr.
Orientador

Marta Jussara Cremer, Dra.
Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE

Prof. Paulo César de Azevedo Simões-Lopes, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha mãe.

Por todo seu amor,

Por todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Cientistas dizem que somos feitos de átomos. Mas um passarinho me contou que somos feitos de histórias.
(Eduardo Galeano)

Que sensação deliciosa é agradecer e pensar em tantos seres lindos que compõem e constroem coletivamente nossa própria existência. Quem fomos, quem somos nesse breve instante e quem constantemente viremos a ser.

Agradeço, com imenso amor, a todo o acolhimento e apoio da minha família “matriorca”, de mulheres que me inspiram diariamente. Especialmente à minha mãe, Ivete, por sua força, serenidade, sabedoria e por sua comida deliciosa; à minha irmã, Leticia, por ter sido minha primeira companheira de aventuras e pelo nosso pacto de nunca envelhecer; à tia Kika, pelos chimas compartilhados (e até disputados) e por trazer mais arte pra nossa casinha; e à Katita, nossa cã e eterna líder da matilha, que agora corre pelas praias que um dia iremos conhecer.

Agradeço, com muito amor, ao Nando. Meu companheiro de caminhares, viagens e metamorfoses. Do abraço e da risada tão gostosos. Que me inspirou na biologia, que me motiva, desde sempre, a correr atrás de meus sonhos e que me apresentou a muitas boas e belas músicas. Sou muito feliz por tudo que já vivemos! E à minha segunda família, Jacque, Marcelo e Nina, pelo carinho, pelos bons papos e por me apresentarem ao mundo do vinho e da pimenta.

A todas as pessoas que constroem a universidade e permanecem invisibilizadas neste processo, muitas vezes com condições de trabalho precarizadas. E impossível esquecer daquelas que estão nas periferias e sequer têm o privilégio de estar em uma escola ou universidade.

À família Lamaq, em especial às amigas e cientistas que me (ins)piram: Gabi, Ju, Kátia, Lu, Maca (a guru do R), Mandinha, Má-Meyer, Clarissa, Nina, Carol, Thaís, Bárbara e Bianca. Suas maravilhosas! A ciência será feminista, ou não será! Ao Alê, por toda sua paciência e humildade em compartilhar suas (muitas) sabedorias.

À família Micolab, que fungou meu coração! Em especial à Maria Alice. Enorme inspiração enquanto mulher, pesquisadora, professora e artista. Ao grupo PET-Biologia, por todos os aprendizados, com muita meiguice e paciência.

À Coletiva Feminista Mítia Bonita, por expandir, acolher e fortalecer. Ao grupo Cores de Aidê, pelo samba reggae resistência e pelas rodas de conversa, com tantas mulheres incríveis e fortes. Ao bonde das pedaleiras, guerreiras e batuqueiras. À família sabineira, pelas viagens de bici, pelos rolês, EREBs, abraços coletivos, rangarias, nasceres do sol e banhos de cachoeira. Tai, JG, Mariah, Guigo, Mi(chelly), Rá, Má(rina), Má(riah), Ma(rília), Mari(ela), Má(rilia)DJ, Lina, Isa(fofa), Piruca, Ju Simon, Ju Anselmo, May & Mari (gracias pelo incrível rolê!), Tomás, Nati, Amanda, Fê, Bazinha, Ju, Cami, Taís, Marcella, Ari, Camilinha et al. ♥

À Vá, minha dançarina preferida, amiga de tantas comilanças e confidências. Não importa o que aconteça, o universo conspira para coincidir nossas fases. E haja fases para coincidir! À Sami e Ana Lara, amigas lindezas que poetizam e embelezam minha vida. À Pri, companheira de causar desde a primeira fase, amiga de rolês, conversas e abraços, de quem tenho muito orgulho. À Livinha, companheira no melhor jeito de começar o dia: no mar, contigo e altas ondas!

À toda equipe da Sócio, especialmente à Aline, tão dedica e valente em tudo que faz, ao Zé, pela liderança serena, à Clau, Adri, Vitor, Fê, Campo, Mari, Dilma e Ricardo.

À equipe PMC, em especial a toda a tripulação que nos segurou nos mares mais pesados, pelas jogatinas de carta, pelo Natal em alto-mar e pelos melhores rangos. Difícil não ser a raparanchinho assim! Agradecimento especial também ao Serjão, a cara que não arde. Por compartilhar pôres do sol, nasceres da lua e ótimas conversas. És um poço de motivação, inspiração e humildade. Isso é que é bonito!

À Bahia, que me deu muito mais que régua e compasso. Me conectou com a ancestralidade e com a (re)existência afro e indígena. À família Artemanha, pela capoeira e percussão que agora são o meu pulsar. À Dona Ceça, minha mainha baiana, pelo brilho do teu olhar. Ao acolhimento e ensinamentos de Ana e Bastião e todos os indígenas que existem e resistem. Ao Araçari, por meu batismo pataxó e pela incrível guiada ao Monte Pascoal.

À família IBJ, em especial às jujubetes Evelynna, Ju, Mandinha, Nádia, Ru, Arícia, Bia, Cata e Rafa. Por todos os momentos incríveis, os almoços, reuniões de família, festerês e cachacinhas! À Ninoca (minha irmã de al-mar), à Jô (mãe das caudais e dona da melhor comida baiana que há), à Dri e Hernani (bora, time breuba!), ao Dan (por compartilhar sonhos, planos e ideias sem limites), ao Milton, Dani, Jerê, à Si (pelos cafezinhos e aulas de inglês), Kiddy, Espiga e Jucélia(s). Às jubartes, grandes anciãs míticas e místicas dessas profundezas oceânicas. A sensação de olhar no seu olhar e ouvir seu canto não pode ser explicada de forma literal.

Agradeço ao Marcos e Alê pelas contribuições valiosas. E à Bianca e Marta, pesquisadora que admiro, por aceitar o convite para compor a banca.

Um agradecimento muito especial ao Léo, Fábio e Paulinho. Pelas oportunidades que me proporcionaram, pela confiança e pela inspiração que vocês são, tanto como profissionais quanto como pessoas.



A imensidão do mar

faz mergulhar

na imensidão de si.

A biologia me serviu de ponte para outros saberes. Com ela, entendi a vida como uma história, uma narrativa perpétua que se escreve não em letras, mas em vidas.

(Mia Couto)

RESUMO

A diversidade de morfologias e comportamentos dos cetáceos torna seu monitoramento bastante desafiador e deve, idealmente, envolver enfoques variados. Entretanto, estudos focados em analisar a aplicação de diferentes métodos em um contexto multiespecífico são ainda insuficientes. Desta forma, este estudo buscou responder se, no contexto de um monitoramento multiespecífico, algum dos métodos, acústico ou visual, é mais eficiente e se há complementariedade ou sobreposição em suas aplicações conjuntas. Foram analisados os dados coletados em três campanhas de avistagem e MAP (Monitoramento Acústico Passivo) realizadas na Bacia de Santos, utilizando a técnica de transecções lineares com amostragem de distância (*Distance Sampling*). Para comparar a eficiência dos métodos acústico e visual, considerou-se os seguintes parâmetros: as limitações à amostragem; as taxas de detecção de cetáceos; o alcance das detecções; a especificidade das identificações; a antecipação das detecções e as identificações atribuídas no caso das detecções pareadas (*matches*); e a influência da sazonalidade (campanhas) e das condições ambientais (estado do mar) sobre os métodos. As variações nas taxas de detecções foram analisadas através da técnica de modelagem estatística, utilizando-se modelos lineares generalizados (GLM). As questões técnicas e operacionais constituíram o principal motivo das paralisações do método acústico na primeira campanha (n=28,13), sendo superadas nas campanhas seguintes. Já as paralisações pelo método visual foram devidas, inteiramente, a questões climáticas. Durante as três campanhas foram realizadas 534 detecções de cetáceos, sendo 57,7% (n=308) pelo método acústico e 42,3% (n=226) pelo método visual. As distâncias de detecção variaram significativamente entre os métodos (ANOVA: $p=0.000791$, $F=11.462$, $Df=1$) e entre as campanhas (ANOVA: $p=0.036358$, $F=3.346$, $Df=2$). O método acústico apresentou a maior média das distâncias de detecção em todas as campanhas. Percebeu-se a maior especificidade nas identificações visuais. A espécie *Pontoporia blainvillei*, o gênero *Kogia* e a família Ziphiidae foram registradas apenas pelo método acústico. Já *Megaptera novaeangliae* foi registrada na segunda campanha apenas pelo método visual (n=7) e na terceira

campanha em maior número (n=17), juntamente com o método acústico (n=9). O método acústico foi o principal responsável pelas antecipações dos *matches* nas três campanhas, enquanto o método visual foi mais específico em 60,4% (n=55) das identificações destes *matches*. Os modelos que melhor explicaram e se ajustaram aos dados foram aqueles que consideraram a influência conjunta das três variáveis explanatórias (método, campanha e estado do mar). De acordo com estes modelos, as variações nas taxas de detecções ocorreram em diferentes intensidades para cada método ao longo das campanhas e o método visual foi consideravelmente mais afetado pelos estados de mar desfavoráveis. Nossos resultados mostram que os métodos acústico e visual são complementares em uma abordagem multiespecífica de cetáceos. Esta complementariedade foi observada nos dados e informações que são geradas, quanto nas limitações de cada método. Sugerimos que a aplicação integrada dos métodos acústico e visual com enfoque multiespecífico é ideal especialmente em áreas pouco estudadas, uma vez que permitem gerar conhecimentos e questionamentos de base para futuras abordagens mais específicas.

Palavras-chave: estado do mar, *Kogia*, *Megaptera novaeangliae*, monitoramento acústico passivo, transecções lineares, amostragem de distâncias, Ziphiidae.

ABSTRACT

The diversity of morphologies and behaviors of cetaceans makes their monitoring challenging and it should ideally involve a variety of approaches. However, studies focused on analyzing the application of different methods in a multispecific context are still scarce. Thus, this study aimed to answer if, in the context of a multispecific monitoring, some of the methods, acoustic or visual, is more efficient and if there is complementarity or overlap in their combined application. The analyzed data was collected in three visual and PAM (Passive Acoustic Monitoring) campaigns that were carried out in the Santos Basin, using the technique of linear sampling with distance sampling. In order to compare the efficiency of the acoustic and visual methods, the following parameters were considered: the limitations of sampling; cetacean detection rates; the detection range; the specificity of identifications; the anticipation of the detections and the identifications attributed in case of matches; and the influence of seasonality (campaigns) and environmental conditions (sea state) on methods. Variations in detection rates were analyzed with statistical modeling technique, using generalized linear models (GLM). Technical and operational issues were the main reason for the acoustic stoppage in the first campaign (n=28,13), and were surpassed in subsequent campaigns. In turn, the stoppage by the visual method were due, entirely, to climatic issues. During the three campaigns 534 cetaceans were detected, 57.7% (n = 308) by the acoustic method and 42.3% (n = 226) by the visual method. The detection distances varied significantly between the methods (ANOVA: $p = 0.000791$, $F = 11.462$, $Df = 1$) and between the campaigns (ANOVA: $p = 0.036358$, $F = 3.346$, $Df = 2$). The acoustic method showed the highest mean detection distances in all campaigns. The greater specificity of visual identifications was noticed. The *Pontoporia blainvillei* species, the *Kogia* genus and the Ziphiidae family were recorded only by the acoustic method. *Megaptera novaeangliae* was recorded in the second campaign only by the visual method (n = 7) and in the third campaign in largest number (n = 17), together with the acoustic method (n = 9). The acoustic method was the main responsible for the anticipations of the matches in the three campaigns, while the visual method was

more specific in 60.4% (n = 55) of the identifications of these matches. The models that best explained and fit the data were those that considered the combined influence of the three explanatory variables (method, campaign and sea state). According to these models, variations in detection rates occurred at different intensities for each method throughout the campaigns and the visual method was considerably more affected by unfavorable sea states. Our results show that acoustic and visual methods are complementary in a multispecific approach of cetaceans. This complementation was observed both in the data and information that are generated as in the limitations of each method. We suggest that the integrated application of acoustic and visual methods with a multispecific approach is ideal especially in poorly studied areas, since they generate basic knowledge and questions for future more specific approaches.

Keywords: sea state, *Kogia*, *Megaptera novaeangliae*, passive acoustic monitoring, linear transects, distance sampling, Ziphiidae.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – (A) Localização da área de estudo e (B) desenho amostral referente às Campanhas 1, 2 e 3. Rotas da Campanha 1 em amarelo, da Campanha 2 em azul e da Campanha 3 em vermelho.9
- Figura 2** - Torre de observação (esquerda) e observadores de bordo em esforço amostral (direita).
..... 11
- Figura 3** – Rebocamento dos cabos com hidrofones (esquerda) e operadores processando os sinais acústicos recebidos (direita). 12
- Figura 4** - Amostragem e Paralisações por Campanha. Total de horas amostradas simultaneamente e de paralisações realizadas nas campanhas 1, 2 e 3. 18
- Figura 5** - Duração e motivos das paralisações por cada método por campanha. Horas paralisadas e distinção dos motivos das paralisações realizadas pelo método visual (V) em verde, pelo método acústico (A) em azul e por ambos os métodos (AV) em laranja. Os motivos incluem condições climáticas desfavoráveis (Clima), problemas técnicos ou operacionais (Técnicos), profundidade limitante (Profundidade) e manobras para coleta de biópsia (Biópsia). 19
- Figura 6** - Detecções por hora por método em cada campanha e média. Valores de detecção por hora para os métodos acústico (em azul) e visual (em verde) nas campanhas 1, 2 e 3. Média de detecções por hora acústica ($0,28 \pm 0,03$) e visual ($0,20 \pm 0,02$) no total das três campanhas. 20
- Figura 7** - Porcentagem dos níveis taxonômicos identificados nas detecções de cada método. Porcentagem de detecções identificadas ao nível de ordem (em azul), de subordem (roxo), família (verde), gênero (laranja) e espécie (vermelho). 22
- Figura 8** - Porcentagem de composição dos táxons identificados por método em cada campanha. Composição das identificações realizadas pelo método acústico (A) na campanha 1 (1A), campanha 2 (2A) e campanha 3 (3A); e pelo método visual (V) na campanha 1 (1V), campanha 2 (2V) e campanha 3 (3V). Os táxons identificados até o momento são: Bab (*Balaenoptera* – minke), Bac (*Balaenoptera acutorostrata*), Bbn (*Balaenoptera bonaerensis*), Bbr (*Balaenoptera borealis*), Be (*Balaenoptera edeni*), BLP (*Balaenoptera* sp.), BP (Balaenopteridae), Bph (*Balaenoptera physalus*), C (Cetacea), DE (Delphinidae), DEL (*Delphinus* spp.), Fa (*Feresa attenuata*), Gg (*Grampus griseus*), GLO (*Globicephala* sp.), KOG (*Kogia* sp.), M (Mysticeti), Mn (*Megaptera novaeangliae*), O (Odontoceti), Pb (*Pontoporia blainvillei*), Pm (*Physeter macrocephalus*), Sa (*Stenella attenuata*), Sb (*Steno bredanensis*), Scl (*Stenella clymene*), Sf (*Stenella frontalis*), Sg (*Sotalia guianensis*), Sl (*Stenella longirostris*), STL (*Stenella* sp.), Tt (*Tursiops truncatus*), ZI (Ziphiidae). 23
- Figura 9** - Curva de acúmulo de táxons construída a partir da riqueza de táxons identificados pelos métodos acústico (A) e visual (B). Número de táxons identificados por dias amostrados. As barras verticais representam o intervalo de confiança a 95%. 24
- Figura 10** - Antecipação dos matches pelos métodos acústico ou visual. Número de matches antecipados pelo método Acústico ou Visual nas campanhas 1, 2 e 3. E matches detectados no mesmo instante por ambos os métodos (AV). 25

Figura 11 - Porcentagem de tempo amostrado em cada estado do mar por campanha. Porcentagem de horas amostradas nas classes de estados de mar *Beaufort* 1 (vermelho), *Beaufort* 2 (verde), *Beaufort* 3 (roxo), *Beaufort* 4 (azul) e *Beaufort* 5 (laranja) nas campanhas 1, 2 e 3.27

Figura 12 - Taxa de detecções por hora por método em cada classe de estado do mar (*Beaufort*). Taxa de detecção por hora acústica (azul) e visual (verde) nos estados de mar *Beaufort* 1, 2, 3, 4 e 5. Média de detecção por hora acústica ($0,28 \pm 0,03$) e visual ($0,20 \pm 0,02$).....28

Figura 13 - Previsões do modelo bm22, mostrando o efeito da interação entre campanha e método e do estado do mar sobre as detecções. (A) Taxa de detecções por hora (detec) em relação às campanhas 1, 2 e 3 nos métodos acústico (met=A) e visual (met=V). (B) Efeitos do estado do mar (marf) nas classes *Beaufort* 1, 2, 3, 4 e 5 sobre as taxas de detecção (detec).30

Figura 14 - Previsões dos modelos bm25 e bm21. (A) Efeitos da interação entre método (met) e estado do mar (marf) sobre as detecções. Taxa de detecções por hora pelos métodos acústico (met=A) e visual (met=V) nas diferentes classes de estado do mar (1, 2, 3, 4 e 5). (B) Efeito dos métodos (met) acústico (A) e visual (V) sobre as taxas de detecção (detec).31

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Informações sobre as três campanhas de monitoramento embarcado. Período de execução das campanhas, esforço de amostragem do método acústico (A) em horas, esforço de amostragem do método visual (V) em horas, total de detecções acústicas (Detecs A) e total de detecções visuais (Detecs V).....18
- Tabela 2** - Detecções por método em cada campanha durante esforço simultâneo. Detecções realizadas pelo método acústico e visual ao longo das campanhas 1, 2 e 3 durante esforço simultâneo de ambos os métodos. Total de detecções por cada método e total de detecções por campanha.....20
- Tabela 3** – Distância média de detecção dos métodos acústico e visual ao longo das campanhas; distâncias máximas; distâncias mínimas; e média geral. Distâncias em milhas náuticas (nm) e erro padrão das médias.21
- Tabela 4** - Média do tempo de antecipação por cada método nas detecções comuns entre eles (matches). Média do tempo de antecipação em minutos e erro padrão nas campanhas 1, 2 e 3.26
- Tabela 5** - Detecções acústicas (A) e visuais (V) e horas amostradas em cada classe de estado do mar (*Beaufort*).27
- Tabela 6** - Descrição dos modelos mais parcimoniosos referentes às variações nas taxas de detecções. A variável resposta, em todos os casos, é a taxa de detecção por hora em cada dia amostrado. O tempo de amostragem diário (em horas) foi considerado offset. Os modelos (bm22, bm21, bm25) foram calculados considerando a distribuição Binomial Negativa (inflação de zeros). As variáveis explanatórias foram campanha (camp), método (met) e estado do mar como categoria (marf).....29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
Contextualização: Impactos sobre o ambiente marinho	1
Cetáceos: Diversidade, Distribuição e Comportamento	2
Monitoramento de Cetáceos: Importância e Desafios	5
2 OBJETIVOS	7
Objetivo Geral	7
Objetivos Específicos	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS)	8
Área de Estudo e Estratégia Amostral	8
Avistagem Embarcada	10
Monitoramento Acústico Passivo (MAP)	11
Independência dos Métodos	13
Análise dos Dados	13
4 RESULTADOS	17
Amostragem e Paralisações	17
Detecções	19
Especificidade e Riqueza de Identificações	21
Detecções comuns entre os métodos	25
Influência do Estado do mar	26
Modelagem Estatística	28
5 DISCUSSÃO	31
Limitações na aplicação dos métodos	31
Influência das campanhas e do estado do mar	32
Complementariedade nas respostas e aplicações ecológicas	33
Complementariedade como potencial de refinamento dos métodos	35
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	38
Apêndice A - Matches com identificações distintas entre os métodos por campanha. Identificação atribuída pelo método acústico (id A) e visual (id V) e apontamento do método mais específico (especif) na identificação por campanha (camp)	48
Apêndice B - Descrição dos modelos lineares generalizados (GLMs) referentes às variações nas taxas de detecções.	49

1 INTRODUÇÃO

Contextualização: Impactos sobre o ambiente marinho

Os ambientes aquáticos vêm sofrendo com crescentes pressões advindas de diferentes atividades humanas (READ, 2006). Este cenário coloca muitas espécies que vivem neste meio em uma situação preocupante em virtude do aumento no tráfego de embarcações (PIROTTA et al., 2015; BORGES et al., 2007; FÉLIX et al., 2005), dos casos de emalhes em aparatos de pesca (LLOYD & ROSS, 2015) e da poluição química (AGUILAR et al., 1999; O'SHEA, 1999; TANABE, 2002) e sonora (RICHARDSON et al., 1995; FORNEY et al., 2017).

Algumas características biológicas dos cetáceos fazem com que estes animais se tornem vulneráveis a estes impactos, como suas baixas taxas reprodutivas, crescimento lento e potencial bioacumulador (ROCHA-CAMPOS, 2011). Todas as famílias de cetáceos possuem espécies em alguma categoria de ameaça (IUCN, 2017), sendo que muitas linhagens evolutivas únicas e pouco diversas foram extintas (PYENSON, 2009) ou estão em risco iminente de extinção (JARAMILLO-LEGORRETA et al., 2007; TURVEY et al., 2007). No Brasil, há registro de 46 espécies de cetáceos, das quais 32 espécies estão classificadas como “Deficiente em Dados” e oito espécies estão inseridas em alguma categoria de ameaça (MACHADO et al., 2008).

Diante do quadro apresentado, é fundamental que sejam realizados esforços para conhecimento da situação populacional dos cetáceos e para promover sua conservação no Brasil. Apesar disso, estes estudos estão majoritariamente concentrados no Hemisfério Norte, enquanto no Atlântico Sul a abrangência destas pesquisas é desproporcionalmente baixa (KASCHNER et al., 2012).

Além de sua importância intrínseca e evolutiva (SOULÉ, 1985), os cetáceos são indicadores da saúde em ambientes aquáticos (KATONA & WHITEHEAD, 1988; ARCANGELI et al., 2017), contribuem com o aumento da produtividade primária nas áreas onde se alimentam (ROMAN et al., 2014) e atraem uma elevada diversidade de fauna com suas carcaças – de forma análoga a uma árvore que cai em uma floresta (LUNDSTEN et al., 2010). Estudos com cetáceos podem, portanto, responder a importantes questões ecossistêmicas e ambientais, uma vez que estes animais são considerados predadores de topo e refletem a dinâmica de toda a cadeia alimentar da qual fazem parte (CAMPHUYSEN, 2006).

Cetáceos: Diversidade, Distribuição e Comportamento

A ordem Cetacea compreende mais de 80 espécies contemporâneas (REEVES et al., 2002) que estão divididas em duas subordens: Mysticeti (baleias com barbatanas) e Odontoceti (golfinhos e baleias com dentes). Os cetáceos possuem representantes em todos os oceanos, além de alguns mares internos e bacias fluviais (LODI & BOROBIA, 2013). Apesar da baixa diversidade quando comparados aos mamíferos terrestres, estes animais apresentam uma variedade de tamanhos e formas (BERTA et al., 2015), com distintos comportamentos sociais e alimentares (HASTIE et al., 2004; CLUA & GROSVLET, 2001). Estes aspectos influenciam na ocorrência, distribuição e uso de área pelos cetáceos.

Os padrões de distribuição podem incluir variações sazonais, que vêm sendo demonstradas para diversas espécies, como *Sotalia guianensis* (DAURA-JORGE et al., 2005), *Delphinus delphis* (BECKER et al., 2017), *Balaenoptera physalus* e *Grampus griseus* (FORNEY & BARLOW, 1998). Estas variações também podem ser observadas entre populações da mesma espécie, como *Stenella coeruleoalba* no mar Mediterrâneo, que apresenta populações fixas e outras mais variáveis em sua

distribuição – provavelmente impulsionadas pela presença de presas (ARCANGELI et al., 2017). A maioria das espécies de baleias, por sua vez, realiza movimentos migratórios entre áreas polares de alimentação (altas latitudes) e áreas tropicais de reprodução (baixas latitudes) (CORKERON & CONNOR, 1999).

A profundidade também é um importante fator na distribuição de cetáceos, caracterizando animais com hábitos costeiros (águas da plataforma continental e estuários) ou oceânicos (áreas externas à plataforma). Um estudo conduzido na Espanha por Cañadas et al. (2002) apontou uma forte relação entre a distribuição de odontocetos e a profundidade, com espécies que ocupam águas rasas (*Delphinus delphis* e *Tursiops truncatus*) e outras que ocupam águas profundas (*Stenella coeruleoalba*, *Grampus griseus*, *Globicephala melas*, *Physeter macrocephalus* e Ziphiidae). Outro estudo realizado no Banco de Abrolhos – BA (Brasil) por Rossi-Santos et al. (2006) mostrou que as três espécies de golfinhos ali existentes (*Sotalia guianensis*, *Steno bredanensis* e *Tursiops truncatus*) apresentam diferenças significativas em suas distribuições, relacionadas à distância da costa e à profundidade. Isto mostra que inclusive dentro da mesma família (Delphinidae) pode haver variações.

Além destas variações em suas distribuições, a heterogeneidade de morfologias, hábitos alimentares e padrões sociais resulta em distintos comportamentos passíveis de serem detectados. Os cetáceos são, no geral, animais de difícil observação, uma vez que desaparecem durante os mergulhos, sem deixar pistas ou rastros duradouros (MANN, 1999). Apresentam particularidades e diferenças comportamentais entre espécies, além de variações intraespecíficas em nível populacional ou mesmo individual.

Os cachalotes (*Physeter macrocephalus*), por exemplo, são capazes de mergulhar por até mais de uma hora (WATWOOD et al., 2006) o que dificulta seu avistamento na superfície. Da mesma

forma, as baleias-bicudas (Ziphiidae) são de difícil detecção no campo, com mergulhos que podem durar até 40 minutos (BARLOW et al., 2005). Em compensação, há baleias como a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) que são conhecidas por seus comportamentos aéreos energéticos e frequentes, em especial nas suas áreas de reprodução (CLAPHAM, 2000). Enquanto a toninha (*Pontoporia blainvillei*) raramente apresenta comportamentos aéreos (MELCÓN, 2012), o golfinho rotador (*Stenella longirostris*) possui um amplo repertório de atividades de superfície, exibindo-os em grande frequência (CARLI, 2012). Já outras espécies de golfinhos – como dos gêneros *Tursiops*, *Stenella* e *Steno* - são conhecidos por se aproximarem e interagirem com embarcações, inclusive nadando em suas proas (*bowriding*) (HAWKINS & GARTSIDE, 2009).

O comportamento acústico também varia entre as espécies de cetáceos. Em virtude do meio onde vivem – muitas vezes escuro, denso e com baixa visibilidade –, estes animais se deparam com desafios para localizar alimentos, navegar e se relacionar (KETTEN, 1992). Desta forma, a audição é um dos sentidos mais importante para a maioria dos cetáceos. Os sons produzidos por eles apresentam uma grande variedade nos tipos de sinais produzidos e nas funções para as quais são empregados. Estes sons podem estar relacionados ao forrageio, seleção de presas e no desvio de obstáculos (KELLOGG, 1973); nos relacionamentos sociais e de acasalamento (FRANKEL et al., 1995); e até mesmo para identificação individual – através de “assobios-assinatura” (KING & JANIK, 2013).

Nos mysticetos, a maior parte dos sons produzidos são de baixa frequência, mas há sinais que vão até frequências mais altas (RICHARDSON et al., 1995). Há espécies dentro deste grupo, como as baleias-jubarte (*M. novaeangliae*), que produzem sequências complexas de sons estereotipados nas áreas de reprodução, conhecidos como cantos (PAYNE & MCVAY, 1971). Além disso, há variações nas taxas de vocalização relacionadas à distribuição, sendo que as espécies de baleias mais costeiras

costumam vocalizar mais que aquelas oceânicas (CLARK, 1990). Já os odontocetos são capazes de produzir sinais acústicos curtos e frequentes, que caracterizam um comportamento denominado de ecolocalização (CRANFORD, 2000). Esta habilidade é utilizada principalmente em sua orientação, exploração do ambiente, navegação e forrageio (MOORE, 1988). No caso dos cachalotes (*P. macrocephalus*), há uma sequência de cliques produzidos de forma estereotipada e repetitiva, conhecidos como “codas” e que podem servir como meio de estruturação social (CANTOR et al., 2015) e de identificação acústica individual (WATKINS & SCHEVILL, 1977).

Monitoramento de Cetáceos: Importância e Desafios

Diante do cenário de crescente pressão sobre o ambiente marinho, uma importante ferramenta para investigar as mudanças populacionais e colaborar de forma efetiva na conservação da biodiversidade é o monitoramento de populações (THOMPSON et al., 1998). Neste contexto, Parente et al. (2007) apontou que as variações na diversidade de cetáceos podem funcionar como indicadoras para avaliação dos impactos de atividades sísmicas, enquanto Viale (1994) indicou importantes reduções nos estoques populacionais de três espécies de golfinhos associadas a deteriorações no ambiente marinho.

Devido à heterogeneidade de morfologias e à elevada plasticidade dos cetáceos, seu monitoramento se torna bastante desafiador e deve, idealmente, envolver variadas abordagens, que irão depender das espécies alvo e dos recursos disponíveis (EVANS & HAMMOND, 2004). Considerando as técnicas empregadas, a amostragem visual em transecções lineares está entre os métodos mais utilizados (BUCKLAND et al., 2001), além das abordagens acústicas - cuja aplicação vem crescendo amplamente (MOORE et al., 2006).

Estes métodos de detecção acústica e visual vêm sendo aplicados em trabalhos com diferentes espécies de cetáceos (FRANKEL et al., 1995; MCDONALD & FOX, 1999; AKAMATSU et al., 2001; SWARTZ et al., 2003; BARLOW & TAYLOR, 2005; RICHMAN, 2014; BURHAM et al., 2016), ou com determinada família (SIMARD, 2015; THOMPSON et al., 2015). Entretanto, a aplicação destes métodos de forma simultânea em monitoramentos com diversas famílias de cetáceos é mais escassa e recente (e.g. FOSSATI et al., 2017; DI TULLIO et al., 2016). Além disso, estudos focados em analisar e discutir a aplicação simultânea destes métodos em um contexto multiespecífico são ainda insuficientes (PYĆ, 2016). Adicionalmente, Kaschner et al. (2012) apontam que esforços no desenvolvimento destes métodos são urgentes e necessários a fim de se produzir estimativas não-enviesadas nos estudos de cetáceos pelo mundo.

Para aprimorar estes métodos e as estimativas por eles geradas, é fundamental determinar quais informações podem ser adquiridas e quais são os limitantes de cada abordagem, conduzindo uma análise de custo-benefício das opções disponíveis (EVANS & HAMMOND, 2004). O sucesso de um monitoramento se deve a esta investigação profunda dos métodos, tornando suas aplicações confiáveis e evitando que sejam necessárias alterações no futuro (STRAYER et al., 1986).

Desta forma, este estudo pretende responder se, no contexto de monitoramentos multiespecíficos, algum dos métodos – acústico ou visual – é mais eficiente e se há complementariedade em suas aplicações conjuntas. A diversidade de espécies englobadas nesta análise permitirá preencher lacunas não respondidas em estudos semelhantes, mas com alvos mais específicos (com uma espécie ou família de cetáceo). Essa abordagem irá contribuir para o aprimoramento destes monitoramentos, cada vez mais importantes em um cenário de intensificação das atividades antrópicas nos ambientes marinhos. Compreender as capacidades e limitações de cada método empregado – principalmente nas fases iniciais de um projeto – é a chave para a posterior

interpretação dos dados, para o refinamento destes métodos e para manutenção e continuidade das atividades.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Comparar a eficiência dos métodos de detecção acústica e visual em um monitoramento embarcado multiespecífico de cetáceos na Bacia de Santos.

Objetivos Específicos

- 1) Levantar quais as limitações na aplicação de cada método;
- 2) Determinar e comparar, entre os métodos, as taxas de detecção e de identificação;
- 3) Comparar as distâncias das detecções acústicas e visuais e, no caso de detecções pareadas (*matches*), o momento da detecção e as identificações atribuídas;
- 4) Analisar a influência dos métodos (acústico e visual) e das variáveis temporais (campanhas) e ambientais (estado do mar) na obtenção de dados;
- 5) Determinar se a aplicação conjunta dos métodos de detecção acústica e visual é complementar ou se há redundância entre eles.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS)

O Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS) consiste em Cruzeiros de Avistagem e MAP (Monitoramento Acústico Passivo), Sobrevoos de Avistagem Aérea e Cruzeiros de Telemetria, com atividades de foto-identificação e coleta de biópsias para análises genéticas e de contaminantes. Abrange todas as espécies de cetáceos com possível ocorrência na Bacia de Santos e é uma excelente oportunidade para determinação de conhecimentos de base – tanto metodológicos quanto de dados. Dentre seus objetivos, está “avaliar a funcionalidade e a eficácia da aplicação integrada e complementar dos diversos métodos previstos para o atendimento dos objetivos de monitoramento”.

Área de Estudo e Estratégia Amostral

A Bacia de Santos está situada na região Sul e Sudeste do Brasil, estendendo-se de Cabo Frio (RJ) a Florianópolis (SC) e abrange uma área total de mais de 350 mil quilômetros quadrados (Figura 1-A). O desenho amostral para realização dos cruzeiros de Avistagem e MAP (Monitoramento Acústico Passivo) foi constituído por dois ziguezagues de linhas de transecção abrangendo desde áreas costeiras (até a isóbata de mil metros) até oceânicas (águas mais profundas) (Figura 1-B). Estas linhas foram percorridas em uma embarcação motorizada de 75 pés, com velocidade média de sete nós. A embarcação iniciou o percurso da malha de transecções a partir do sul da área de estudo, completando um dos ziguezagues; e voltou a partir do norte, percorrendo o outro ziguezague.

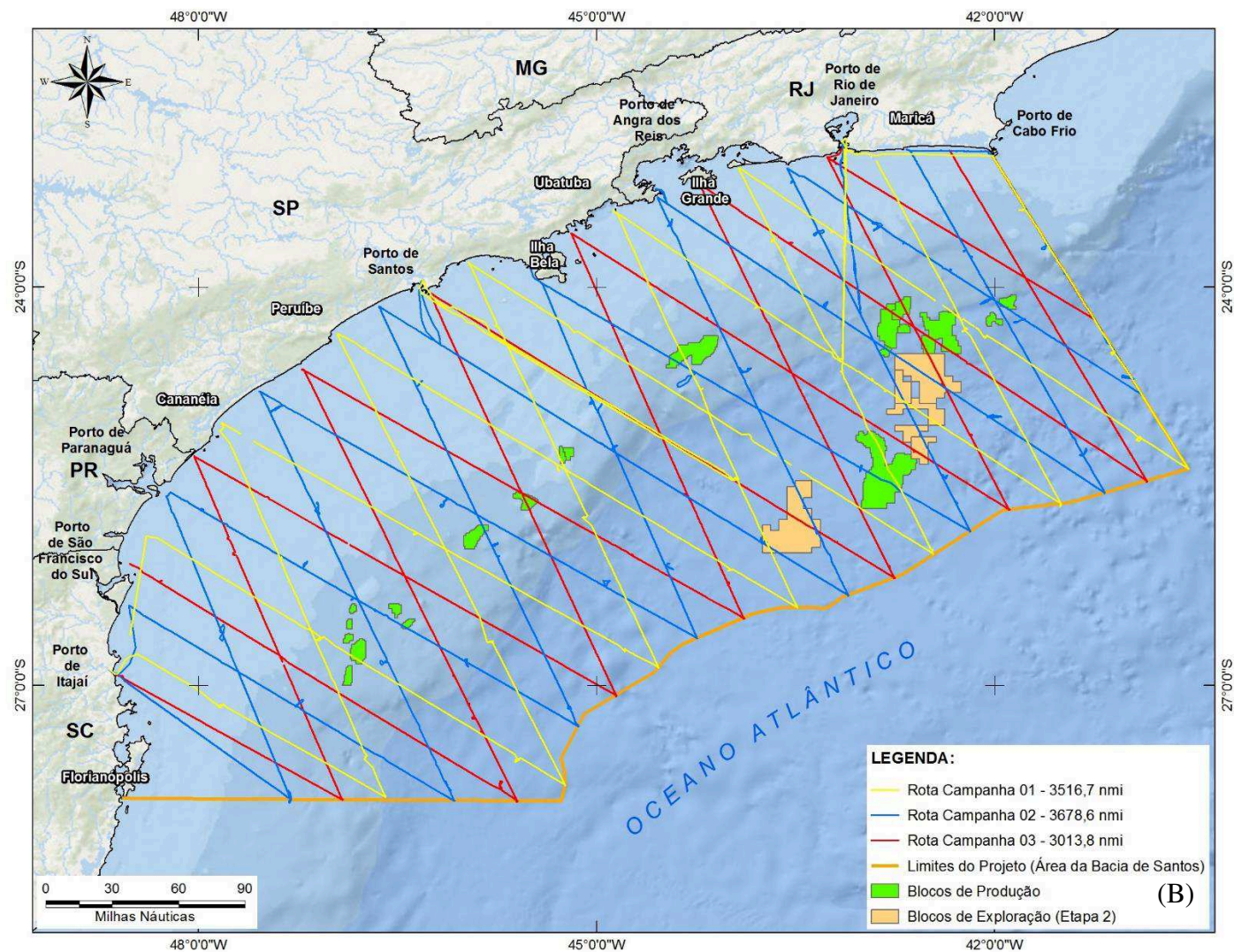


Figura 1 – (A) Localização da área de estudo e (B) desenho amostral referente às Campanhas 1, 2 e 3. Rotas da Campanha 1 em amarelo, da Campanha 2 em azul e da Campanha 3 em vermelho.

A abordagem utilizada nos Cruzeiros de Avistagem e MAP foi o “modo de passagem”, que consiste na contagem de grupos ao longo das linhas de transecção sem paralisação da amostragem ou desvio de rota. A técnica aplicada foi a de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*), que consiste em percorrer linhas de transecção utilizando embarcações ou aeronaves e realizar a contagens de animais de interesse ao longo dessas linhas, registrando a distância de detecção dos mesmos em relação à linha de transecção. Esta distância é aplicada posteriormente em correções para estimar os animais que não são detectados (BUCKLAND et al., 2001).

Avistagem Embarcada

Cada campanha de avistagem consistiu na amostragem das linhas de transecção. No mínimo quatro observadores de bordo se revezaram, sendo duas posições de observação em cada bordo, uma posição de anotador/observador da proa e uma ou mais posições de descanso. Deste modo, três observadores de bordo atuavam simultaneamente em esforço amostral. Os observadores permaneceram em esforço de procura por grupos de cetáceos do amanhecer ao entardecer, enquanto existisse luz natural (aproximadamente 12 horas/dia).

Cada observador cobriu um dos bordos (do través - 90°) até a proa e parte do outro bordo (10°). Os observadores dos bordos buscavam cetáceos a olho nu e com binóculos reticulados 7x50. O anotador/observador de proa registrava os dados e observava somente a proa da embarcação (10° para cada bordo) a olho nu e com auxílio de um binóculo com estabilização de imagem (15x50). Estes observadores ficaram posicionados durante o esforço em um ponto elevado da embarcação, a cerca de 8 m acima do nível do mar (Figura 2).



Figura 2 - Torre de observação (esquerda) e observadores de bordo em esforço amostral (direita).

Para cada grupo de cetáceo detectado foi registrado: Horário; posição geográfica; identificação (ao nível taxonômico mais próximo de espécie); qualidade de identificação (baseado na realização de registro fotográfico e no consenso entre os pesquisadores); tamanho do grupo; presença de filhotes; nome do observador; pista de detecção (borrifo, dorsal, *splash*, corpo submerso, corpo na superfície ou salto); meio de detecção (olho nu, binóculo 7x50 ou binóculo 15x50); ângulo horizontal (alitude); número de retículos do binóculo 7x50 entre o horizonte e a detecção. Quando possível, o observador também registrou observações acerca do comportamento do animal avistado.

Para o sucesso da amostragem visual, sua execução foi limitada pela condição máxima de mar *Beaufort 5* (ventos de até 21 nós). A amostragem também foi paralisada em condições adversas - como chuva persistente, neblina ou nevoeiro - que comprometessem a visibilidade e a segurança dos observadores.

Monitoramento Acústico Passivo (MAP)

A técnica de Monitoramento Acústico Passivo (MAP) aplicada a cetáceos consistiu na detecção das emissões sonoras produzidas por estes animais através de hidrofones rebocados pela

embarcação. Os hidrofones foram conectados a um Sistema de Processamento Acústico, onde os sinais acústicos eram recebidos e processados por dois operadores utilizando programas computacionais apropriados.



Figura 3 – Rebocamento dos cabos com hidrofones (esquerda) e operadores processando os sinais acústicos recebidos (direita).

O *PamGuard* foi o programa utilizado para detecção, registro, classificação e localização dos cliques de odontocetos (alta frequência). Estes detectores são configurados e aperfeiçoados para que incluam características específicas dos sons das espécies, aumentando a eficiência das detecções. Já as frequências baixas a médias - como as vocalizações de mysticetos e assovios de odontocetos - foram monitoradas em espectrogramas dos programas *Ishmael* e *PamGuard*.

No *PamGuard*, tanto a detecção de assovios quanto a plotagem de ângulos no mapa são automáticas. Já no *Ishmael*, os sinais detectados são selecionados manualmente pelo usuário, permitindo o controle de quais sinais serão utilizados. O *WhaleTrack* é um programa de mapa que foi conectado ao *Ishmael* para plotagem destas localizações. Em ambos os casos, os mapas são conectados a um GPS para plotagens da posição geográfica da fonte sonora e da embarcação. A plotagem da posição do navio no mapa, juntamente com os ângulos dos sinais recebidos, permite o cálculo da distância entre o cetáceo localizado e a embarcação.

Informações sobre o registro acústico foram preenchidas em uma planilha com diversas informações relacionadas à detecção: Nome do operador; Hora inicial e final; Posição geográfica inicial e final; Profundidade inicial e final; Condições ambientais (direção e intensidade do vento, tamanho das ondas, precipitação e o estado do mar na Escala *Beaufort*); Velocidade e direção do navio; Tipo de sinal acústico; Nível taxonômico mais próximo que operador pode identificar com base nas características dos sinais acústicos. Além disso, foi informado se a localização pôde ser feita de maneira confiável e qual foi a distância estimada.

O estado de mar limitante para operação do MAP foi de *Beaufort* 6 (vento de 27 nós) e sua amostragem foi eventualmente continuada mesmo em condições de chuva e baixa visibilidade.

Independência dos Métodos

A aplicação dos métodos acústico e visual ocorreu de forma simultânea e independente, permitindo que a comparação entre eles seja feita. Houve comunicação das detecções apenas dos observadores para os operadores de MAP, uma vez que esta comunicação não interfere nas taxas de detectabilidade acústica e facilita o pareamento dos *matches* (detecções realizadas por ambos). Assim, as duas fontes de informação podem ser comparadas, analisando quais grupos foram detectados somente por observação visual, somente por acústica ou pelas duas abordagens.

Análise dos Dados

A eficiência dos métodos foi avaliada em relação ao objetivo para o qual foram propostos no levantamento, ou seja, detectar e identificar as espécies de cetáceos da área de estudo. Para comparar suas eficiências em relação a este objetivo, considerou-se os seguintes parâmetros: as limitações à amostragem; o número e as taxas de detecção de cetáceos; o alcance das detecções; as taxas e a

especificidade das identificações; a antecipação das detecções e as identificações atribuídas no caso das detecções pareadas (*matches*); e a influência da sazonalidade (campanhas) e das condições ambientais (estado do mar) sobre os métodos.

Para determinar as limitações de cada método, foram consideradas as paralisações que tenham ocorrido durante as campanhas embarcadas. As paralisações foram definidas como os momentos em que um método ou ambos os métodos deixaram de amostrar e retornaram; ou quando um dos métodos não estava amostrando enquanto o outro estava. Foram comparados, graficamente e de forma descritiva, o tempo de duração e os motivos das paralisações.

Dentre o total de detecções, determinou-se quantas foram realizadas pelo método acústico; quantas pelo método visual; e quantas foram *matches* (detectadas por ambos os métodos). Para definição de *match* foram considerados três critérios eliminatórios: (1) diferença de tempo entre as detecções inferior a 30 min; (2) distância entre as detecções inferior a 10 km; (3) e compatibilidade taxonômica entre a identificação acústica e visual.

Para comparar as eficiências de detecção dos métodos e possíveis efeitos sazonais sobre eles, foram calculadas as taxas de detecção por hora de cada método em cada campanha. Estas taxas foram avaliadas graficamente e posteriormente testadas através dos modelos lineares generalizados (GLM). As campanhas foram alocadas nas estações do ano conforme a subdivisão destas para o Hemisfério Sul: primavera (setembro a novembro), verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio) e inverno (junho a agosto).

As distâncias das detecções acústicas foram calculadas através da plotagem dos sinais acústicos com os programas *PamGuard* e *Ishmael/WhaleTrack*. O cálculo do ângulo azimutal foi feito através da diferença de tempo de chegada do som entre dois ou mais sensores. A qualidade da

localização acústica depende da quantidade e intensidade destes sinais recebidos. Detecções com poucas vocalizações e/ou com sinais muito fracos geralmente resultam em localizações de baixa qualidade, ou até mesmo impossibilitam esta localização. As localizações foram classificadas em diferentes níveis de qualidade, sendo Q-1 as mais confiáveis e Q-5 as mais imprecisas. Desta forma, as distâncias aqui consideradas foram apenas as classificadas em qualidades Q-1 a Q-3. As distâncias das detecções visuais foram calculadas com base no número de retículos entre o horizonte e o grupo (binóculos reticulados) e a altura da embarcação. A distância radial foi então estimada considerando a curvatura da terra (LERCZAK & HOBBS, 1998). O ângulo horizontal da avistagem foi obtido com auxílio de uma alidade e, junto com a distância radial, forneceu a distância perpendicular de cada detecção. As distâncias de detecção foram testadas com análise de variância ANOVA entre os métodos e entre as campanhas.

Em relação à capacidade de identificação, foi avaliada a especificidade a qual o método conseguiu chegar em cada detecção, determinando o número de detecções identificadas a cada nível taxonômico (espécie, gênero, família, subordem ou ordem). Além disso, determinou-se a composição de cada um destes níveis taxonômicos para cada método. Uma das detecções visuais foi identificada como um grupo misto e aqui desmembrado, afim de avaliar a riqueza relacionada a cada método. As diferenças nas identificações acústicas e visuais foram analisadas de forma descritiva e através de gráficos. Foram construídas duas curvas de acúmulo destes táxons para avaliar a suficiência amostral de cada método na área de estudo. As curvas foram baseadas no registro dos táxons por dia amostrado, e o método utilizado para construção destas foi o “aleatório” (*random*), que considera a curva de acúmulo média (GOTELLI & COLWELL, 2001). A estimativa de riqueza de táxons é apresentada seguida de seu intervalo de confiança, em nível de significância de 95% ($p < 0,05$).

Os *matches* foram analisados em relação ao método antecipado, ao tempo desta antecipação e à identificação atribuída por cada método. O tempo de antecipação foi apresentado em médias por

campanha para cada método, além dos valores máximos, mínimos e a média geral para cada método. As diferenças destas médias foram testadas com análise de variância ANOVA bifatorial (*two-way ANOVA*) entre os métodos e entre as campanhas. Já as diferentes identificações foram avaliadas de forma descritiva.

A influência do estado do mar foi avaliada através da comparação das taxas de detecção acústicas e visuais nas diferentes classes de estado do mar (*Beaufort*). Sua influência foi avaliada graficamente e analisada, posteriormente, através dos modelos lineares generalizados (GLMs).

As variações nas taxas de detecções foram analisadas através da técnica de modelagem estatística, utilizando-se modelos lineares generalizados (GLM) (MCCULLAGH & NELDER, 1989). Estes modelos permitem prever uma variável resposta de interesse em função linear de uma ou mais variáveis explanatórias. Considerando os resultados obtidos, foram selecionadas as principais variáveis explanatórias que influenciaram as taxas de detecção e, a partir disto, gerou-se os modelos para comparar a significância e contribuição destas variáveis.

O número de detecções por dia foi ajustado em função do tempo (em horas) de amostragem diária, uma vez que este tempo variou em cada dia de amostragem e foi incluído como termo *offset* no GLM. Desta forma, considerou-se a taxa de detecções por hora (variável resposta) em função das seguintes variáveis independentes: os métodos (acústico e visual), as campanhas (1, 2 e 3) e as classes de estado do mar (*Beaufort* 1, 2, 3, 4, 5) no momento da detecção. Foi escolhida a distribuição Binomial Negativa devido à natureza dos dados e à presença de sobredispersão quando avaliado o GLM com distribuição de erros Poisson. Os menores valores de critério de informação de Akaike (AIC) foram usados para definir os modelos mais parcimoniosos (Tabachnick, 2000). Este critério considera o bom ajuste do modelo aos dados, impondo penalidades pelo número de parâmetros utilizados. Foi estimado primeiramente o modelo mais saturado (com todas as variáveis) e observou-

se que, com a retirada de variáveis, o poder de explicação do modelo seria reduzido (aumento do valor de AIC). Sendo assim, gerou-se um conjunto de modelos candidatos (bm_1, bm_2, \dots, bm_n) e calculou-se o $\Delta AIC = \Delta AIC_i - \Delta AIC_{\min}$, onde ΔAIC_i é o valor de AIC do modelo i e ΔAIC_{\min} é o valor mínimo dentre todos os modelos. A seleção dos modelos se deu com base nestes valores de ΔAIC , sendo que os modelos com $\Delta AIC < 2$ foram incluídos como modelos com suporte substancial (BURNHAM & ANDERSON, 2002). A partir dos modelos validados, foram geradas previsões a serem interpretadas.

Os gráficos, análises e modelos estatísticos foram realizados nos programas Microsoft Excel (2013) e R Core Team (2017). Os pacotes utilizados foram: *effects* (FOX, 2005), *MASS* (VENABLES & RIPLEY, 2002), *MuMIn* (BARTON, 2016) e *vegan* (OKSANEN et al., 2017).

4 RESULTADOS

Amostragem e Paralisações

Neste estudo foram analisados os dados obtidos durante três campanhas de monitoramento embarcado, sendo que a primeira campanha ocorreu durante o verão; a segunda campanha entre o outono e inverno; e a terceira campanha durante a primavera (Tabela 1). O tempo de esforço variou entre os métodos, mas para fins comparativos foram considerados apenas os momentos em que ambos estavam operando.

Tabela 1 - Informações sobre as três campanhas de monitoramento embarcado. Período de execução das campanhas, esforço de amostragem, em horas, do método acústico (A) e do método visual (V), total de detecções acústicas (Detecs A) e total de detecções visuais (Detecs V).

Campanha	Período	Esforço A (h)	Esforço V (h)	Detecs A	Detecs V
1	27/11/2015 a 05/01/2016	361,48	389,87	83	57
2	10/05/2016 a 20/06/2016	400,68	410,85	101	82
3	27/09/2016 a 06/11/2016	409,95	420,08	141	121
Total		1.172,11	1.220,8	325	260

As três campanhas totalizaram 1.103,5 horas de amostragem simultânea. Esta amostragem foi equilibradamente distribuída entre as campanhas, com um aumento gradativo, principalmente entre a primeira e segunda campanha (Figura 4). Já as paralisações totalizaram 156,5 horas e foram mais abundantes na primeira campanha (46%; n = 71,8), foram reduzidas na segunda (11,5%; n = 18,2) e voltaram a aumentar na terceira campanha (42,5%; n = 66,5) (Figura 4).

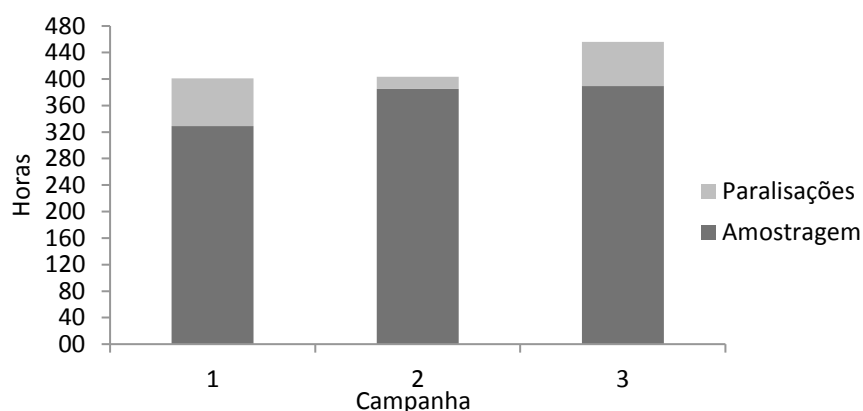


Figura 4 - Amostragem e Paralisações por Campanha. Total de horas amostradas simultaneamente e de paralisações realizadas nas campanhas 1, 2 e 3.

O tempo paralisado por cada método variou entre as campanhas. Na primeira campanha, o método acústico foi responsável pela maioria das paralisações (51,3%, n=36,9). O método visual foi o principal responsável pelo tempo paralisado na segunda campanha (58,9%, n=10,7). Já as paralisações simultâneas por ambos foram as mais consideráveis na terceira campanha (69%, n=45,9) (Figura 5).

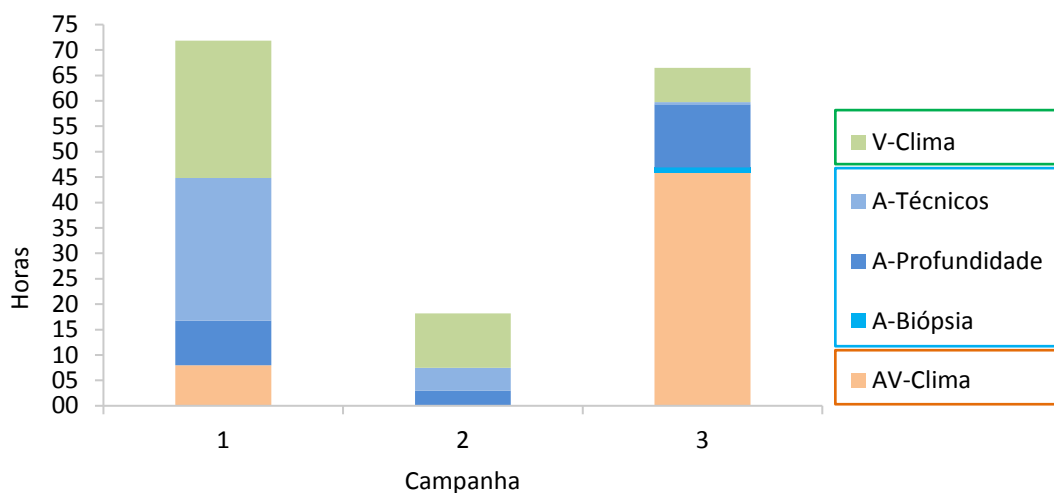


Figura 5 - Duração e motivos das paralisações por cada método por campanha. Horas paralisadas e distinção dos motivos das paralisações realizadas pelo método visual (V) em verde, pelo método acústico (A) em azul e por ambos os métodos (AV) em laranja. Os motivos incluem condições climáticas desfavoráveis (Clima), problemas técnicos ou operacionais (Técnicos), profundidade limitante (Profundidade) e manobras para coleta de biópsia (Biópsia).

As questões técnicas e operacionais constituíram o principal motivo das paralisações do método acústico na primeira campanha ($n = 28,13$), sendo superadas nas campanhas seguintes (Figura 5). Já as paralisações pelo método visual e por ambos os métodos foram devidas, inteiramente, a questões climáticas.

Detecções

Durante as três campanhas foram realizadas 534 detecções de cetáceos, sendo 57,7% ($n=308$) pelo método acústico e 42,3% ($n=226$) pelo método visual. Houve um aumento gradativo no número de detecções e uma redução na disparidade entre os métodos, principalmente em relação à primeira campanha (Tabela 2).

Tabela 2 - Detecções por método em cada campanha durante esforço simultâneo. Detecções realizadas pelo método acústico e visual ao longo das campanhas 1, 2 e 3 durante esforço simultâneo de ambos os métodos. Total de detecções por cada método e total de detecções por campanha.

Campanha	Detecções A	Detecções V	Total
1	75	38	113
2	98	78	176
3	135	110	245
Total	308	226	534

As taxas de detecção por hora variaram entre os métodos acústico e visual. Ambos os métodos tiveram um aumento progressivo na taxa de detecção ao longo das campanhas, com o método acústico apresentando a maior taxa em todas elas (Figura 6). As taxas de detecção também variaram entre as campanhas, principalmente entre a terceira e a segunda campanha; e entre a terceira e a primeira campanha.

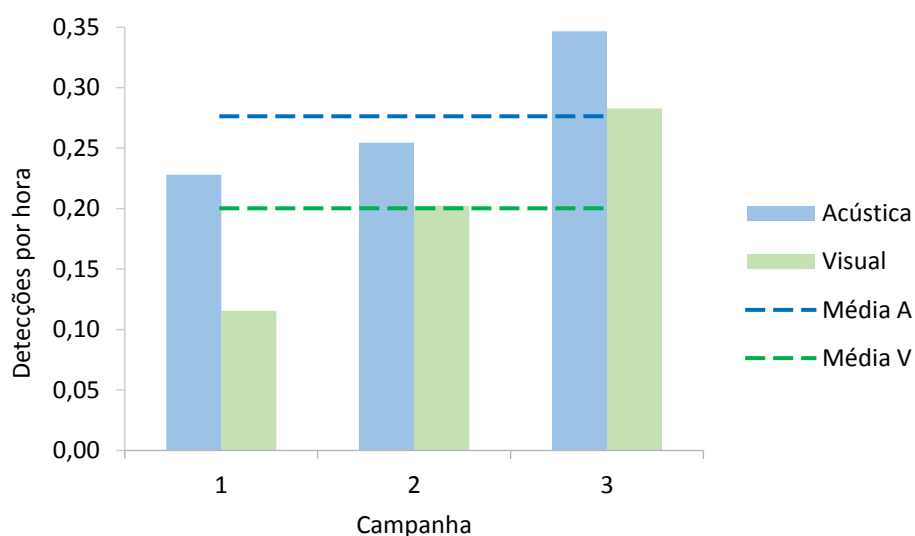


Figura 6 - Detecções por hora por método em cada campanha e média. Valores de detecção por hora para os métodos acústico (em azul) e visual (em verde) nas campanhas 1, 2 e 3. Média de detecções por hora acústica ($0,28 \pm 0,03$) e visual ($0,20 \pm 0,02$) no total das três campanhas.

As distâncias de detecção variaram significativamente entre os métodos (ANOVA: $p=0.000791$, $F=11.462$, $Df=1$) e entre as campanhas (ANOVA: $p= 0.036358$, $F=3.346$, $Df=2$). O método acústico apresentou a maior média das distâncias de detecção em todas as campanhas e ambos os métodos tiveram sua maior média registrada na segunda campanha (Tabela 3).

Tabela 3 – Distância média de detecção dos métodos acústico e visual ao longo das campanhas; distâncias máximas; distâncias mínimas; e média geral. Distâncias em milhas náuticas (nm) e erro padrão das médias.

Campanha	Distância A (nm)	Distância V (nm)
1	0,65 ± 0,14	0,24 ± 0,04
2	0,75 ± 0,09	0,49 ± 0,11
3	0,50 ± 0,05	0,17 ± 0,05
Máxima	3,2	4,9
Mínima	0	0
Média geral	0,61 ± 0,05	0,39 ± 0,07

Especificidade e Riqueza de Identificações

Percebe-se a maior especificidade nas identificações visuais com 51,8% (n=117) de suas detecções identificadas aos níveis de espécie ou gênero (Figura 7). Já o método acústico teve a maioria dos seus registros identificados ao nível de família, correspondente a 74,7% (n=230) de suas detecções (Figura 7).

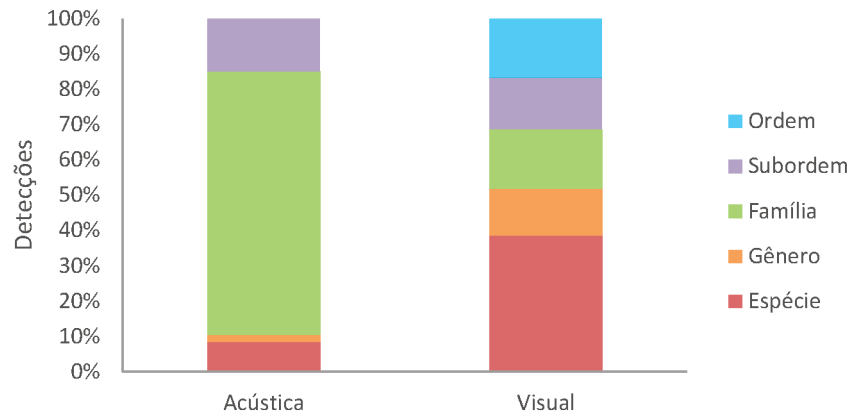


Figura 7 - Porcentagem dos níveis taxonômicos identificados nas detecções de cada método. Porcentagem de detecções identificadas ao nível de ordem (em azul), de subordem (roxo), família (verde), gênero (laranja) e espécie (vermelho).

Para o método acústico, a composição das identificações foi bastante semelhante entre a primeira e segunda campanha. Já para o método visual, esta similaridade foi maior entre a segunda e terceira campanha (Figura 8).

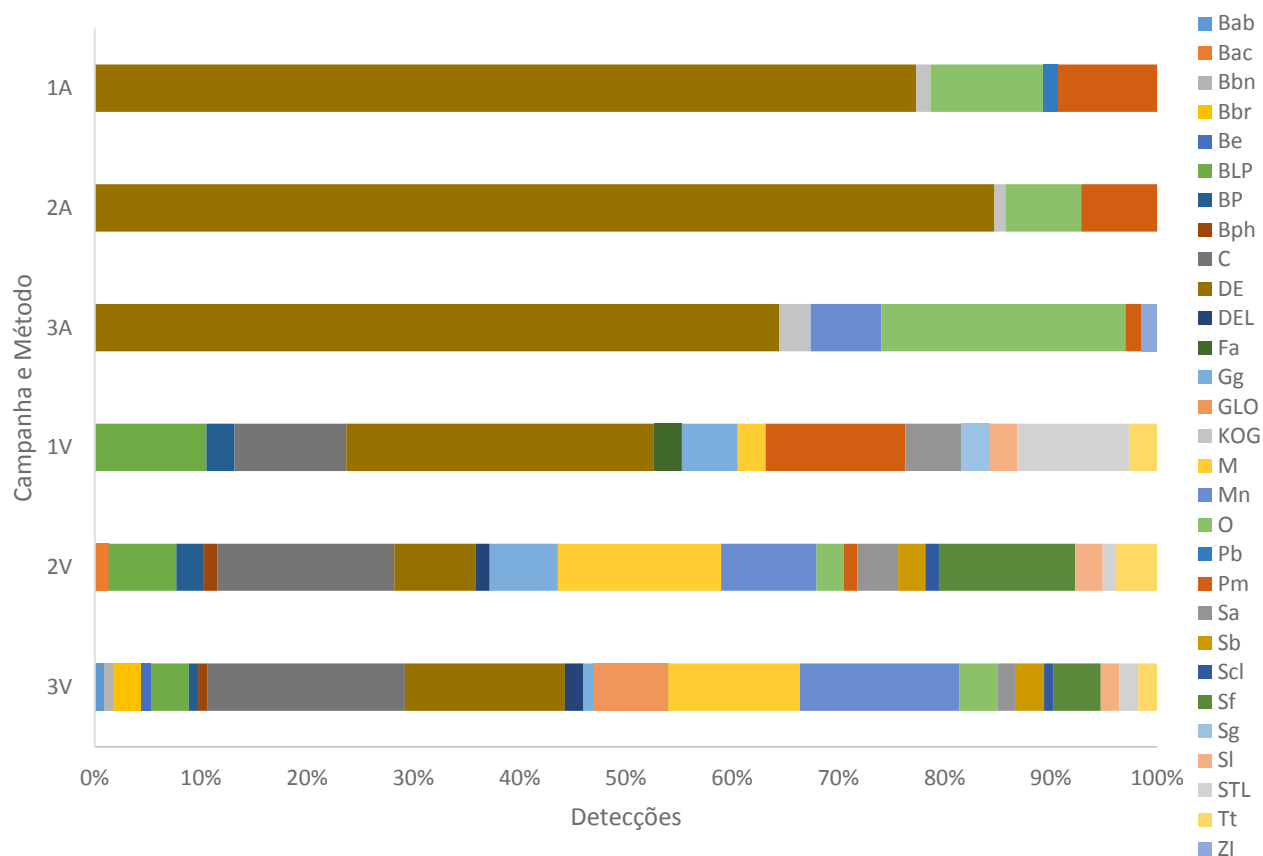


Figura 8 - Porcentagem de composição dos táxons identificados por método em cada campanha. Composição das identificações realizadas pelo método acústico (A) na campanha 1 (1A), campanha 2 (2A) e campanha 3 (3A); e pelo método visual (V) na campanha 1 (1V), campanha 2 (2V) e campanha 3 (3V). Os táxons identificados até o momento são: Bab (*Balaenoptera* – minke), Bac (*Balaenoptera acutorostrata*), Bbn (*Balaenoptera bonaerensis*), Bbr (*Balaenoptera borealis*), Be (*Balaenoptera edeni*), BLP (*Balaenoptera* sp.), BP (*Balaenopteridae*), Bph (*Balaenoptera physalus*), C (*Cetacea*), DE (*Delphinidae*), DEL (*Delphinus* spp.), Fa (*Feresa attenuata*), Gg (*Grampus griseus*), GLO (*Globicephala* sp.), KOG (*Kogia* sp.), M (*Mysticeti*), Mn (*Megaptera novaeangliae*), O (*Odontoceti*), Pb (*Pontoporia blainvillei*), Pm (*Physeter macrocephalus*), Sa (*Stenella attenuata*), Sb (*Steno bredanensis*), Scl (*Stenella clymene*), Sf (*Stenella frontalis*), Sg (*Sotalia guianensis*), Sl (*Stenella longirostris*), STL (*Stenella* sp.), Tt (*Tursiops truncatus*), ZI (*Ziphiidae*).

Em relação à composição dos táxons identificados, as detecções acústicas foram identificadas em três espécies, um gênero, duas famílias e uma subordem (Figura 8). A espécie *Pontoporia blainvillei*, o gênero *Kogia* e a família Ziphiidae foram registradas apenas pelo método acústico ao longo das três campanhas.

As detecções visuais foram identificadas em 17 espécies, 4 gêneros, duas famílias, duas subordens ou apenas a ordem (Figura 8). *Feresa attenuata* (Fa, n=1) e *Sotalia guianensis* (Sg, n=1) foram registradas apenas na primeira campanha. Na segunda e terceira campanhas houve um aumento

expressivo de registros identificados como Mysticeti (M, n=12 e n=14) e incremento de diversas espécies de *Balaenoptera*. Além disso, *Megaptera novaeangliae* (Mn) foi registrada na segunda campanha apenas pelo método visual (n=7) e na terceira campanha em maior número (n=17), juntamente com o método acústico (n=9). Já *Physeter macrocephalus* (Pm) teve apenas um registro visual na segunda campanha e nenhum na terceira, quando ainda foi registrado pelo método acústico (n=2).

Considerando os táxons identificados até o momento, a curva de acúmulo do método acústico parece estar mais estabilizada com sete táxons identificados. Já a curva de acúmulo do método visual ainda não se aproximou de sua assíntota, mesmo com um maior número de táxons (n=26) (Figura 9).

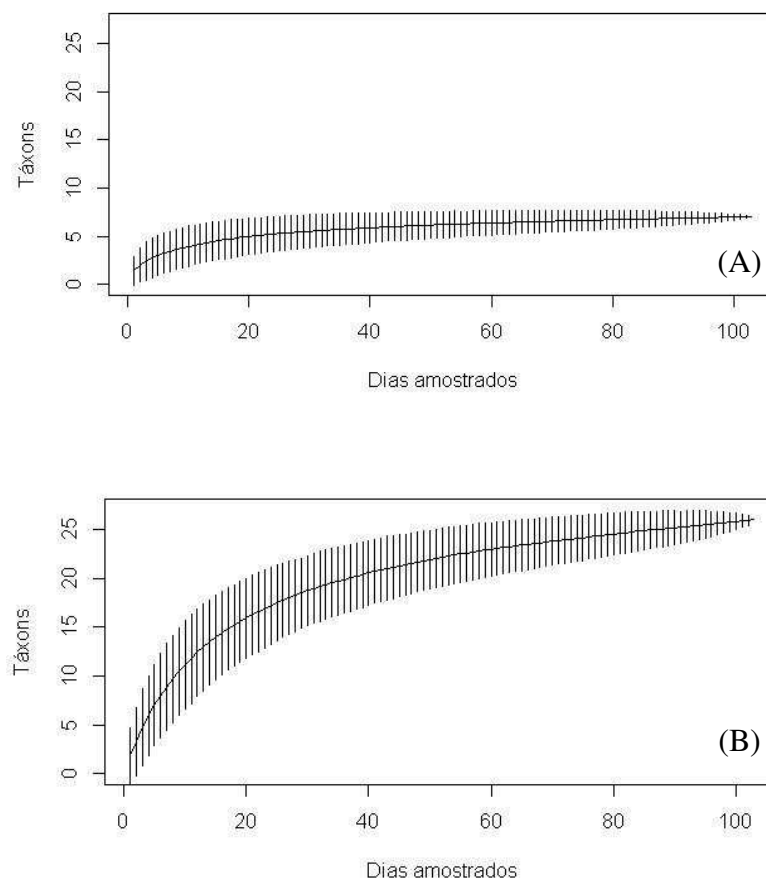


Figura 9 - Curva de acúmulo de táxons construída a partir da riqueza de táxons identificados pelos métodos acústico (A) e visual (B). Número de táxons identificados por dias amostrados. As barras verticais representam o intervalo de confiança a 95%.

Detecções comuns entre os métodos

Foram identificadas 91 detecções comuns entre os métodos (*matches*) ao longo das três campanhas. A percentagem de *matches* em relação ao total de detecções foi bastante semelhante entre as três campanhas: 17,7% na primeira, 17,6% na segunda e 16,3% na terceira.

O método acústico foi o principal responsável pelas antecipações dos *matches* nas três campanhas (Figura 10). Entretanto, na terceira campanha o número de antecipações por cada método foi mais próximo, sendo o método acústico responsável por 45% (n=18) das antecipações, enquanto o método visual correspondeu a 40% (n=16) destas. As detecções realizadas no mesmo instante por ambos os métodos (AV) foram mais abundantes na segunda campanha (12,9%, n=4) e na terceira campanha (15%, n=6).

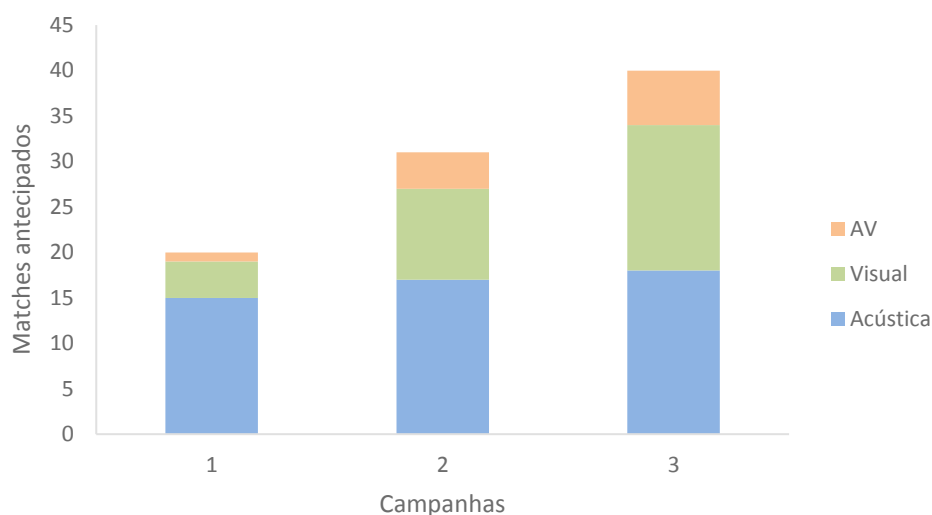


Figura 10 - Antecipação dos matches pelos métodos acústico ou visual. Número de matches antecipados pelo método Acústico ou Visual nas campanhas 1, 2 e 3. E matches detectados no mesmo instante por ambos os métodos (AV).

O tempo médio de antecipação não variou de forma significativa entre os métodos (ANOVA: $p=0.231$, $F=1.995$, $Df=1$) e entre as campanhas (ANOVA: $p=0.397$, $F=1.276$, $Df=1$). O método

acústico apresentou a maior média geral e as maiores médias de antecipação nas duas primeiras campanhas. Já o método visual apresentou a maior média de antecipação na terceira campanha e o tempo máximo de antecipação registrado.

Tabela 4 - Média do tempo de antecipação por cada método nas detecções comuns entre eles (matches). Média do tempo de antecipação em minutos e erro padrão nas campanhas 1, 2 e 3.

Campanha	Antecipação média A (min)	Antecipação média V (min)
1	6,47 ± 1,45	2,00 ± 0,41
2	9,23 ± 1,48	5,70 ± 2,64
3	7,32 ± 1,47	7,57 ± 1,70
Máximo	23,0	28,0
Mínimo	1,0	1,0
Média Geral	7,72 ± 0,0006	6,20 ± 0,0009

Em relação às identificações dos *matches*, o método visual foi mais específico em 60,4% (n=55) dos casos e o método acústico em 13,2% (n=12) (Apêndice A). Já as detecções em que ambos os métodos realizaram a mesma identificação corresponderam a 25,3% (n=23) e houve uma detecção em que cada método atribuiu uma identificação relacionada (mesma família), porém distinta: o método acústico identificou-a como *Pontoporia blainvillei*, enquanto o método visual identificou-a como *Sotalia guianensis*.

Influência do Estado do mar

O tempo amostrado em cada estado do mar variou entre as campanhas. Na primeira campanha cerca de metade da amostragem ocorreu em *Beaufort* 4 e 5, enquanto na segunda campanha estas classes de estado de mar representaram 35% da amostragem e na terceira campanha quase 60% do tempo amostrado (Figura 11).

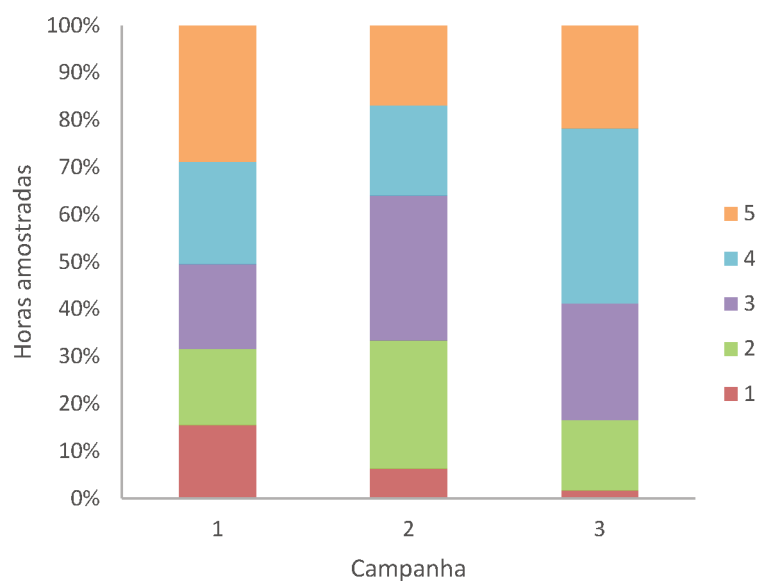


Figura 11 - Porcentagem de tempo amostrado em cada estado do mar por campanha. Porcentagem de horas amostradas nas classes de estados de mar *Beaufort* 1 (vermelho), *Beaufort* 2 (verde), *Beaufort* 3 (roxo), *Beaufort* 4 (azul) e *Beaufort* 5 (laranja) nas campanhas 1, 2 e 3.

As detecções feitas nos *Beaufort* 1 e 6 foram desconsideradas para esta comparação, uma vez que o número de registros feitos e as horas amostradas foram muito baixas, não resultando em um tamanho amostral suficiente (Tabela 5).

Tabela 5 - Detecções acústicas (A) e visuais (V) e horas amostradas em cada classe de estado do mar (*Beaufort*).

Beaufort	Detecções A	Detecções V	Horas amostradas
0	2	1	3,5
1	16	14	83,9
2	63	64	213,2
3	84	73	271,5
4	77	39	287,1
5	65	35	241,4
6	1	0	2,9
Total	308	226	1.103,5

O método acústico manteve suas taxas de detecção mais estáveis nas diferentes classes de estado do mar, amostrando próximo a sua média na maioria delas. Já o método visual foi mais instável

e prejudicado por condições de mar desfavoráveis (Figura 12). A amostragem visual foi abaixo de sua média de detecção nos *Beaufort* 4 e 5, enquanto na classe *Beaufort* 2 registrou sua maior taxa de detecção, superando o método acústico. Ambos os métodos tiveram baixas taxas de detecção em *Beaufort* 1 e aumentaram suas taxas de detecção em *Beaufort* 5, quando comparado ao *Beaufort* 4.

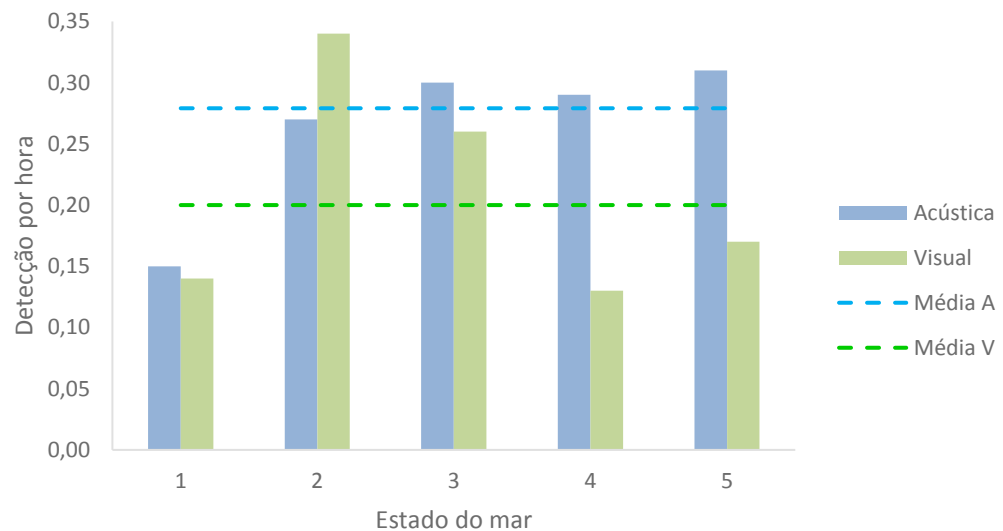


Figura 12 - Taxa de detecções por hora por método em cada classe de estado do mar (*Beaufort*). Taxa de detecção por hora acústica (azul) e visual (verde) nos estados de mar *Beaufort* 1, 2, 3, 4 e 5. Média de detecção por hora acústica ($0,28 \pm 0,03$) e visual ($0,20 \pm 0,02$).

Modelagem Estatística

Foram construídos 35 modelos com a taxa de detecção por hora em função das variáveis de forma aditiva, isolada e em interação, além do modelo nulo (Apêndice B). Os modelos que melhor explicaram e se ajustaram aos dados foram aqueles que consideraram a influência conjunta das três variáveis explanatórias (Tabela 6).

Tabela 6 - Descrição dos modelos mais parcimoniosos referentes às variações nas taxas de detecções. A variável resposta, em todos os casos, é a taxa de detecção por hora em cada dia amostrado. O tempo de amostragem diário (em horas) foi considerado offset. Os modelos (bm22, bm21, bm25) foram calculados considerando a distribuição Binomial Negativa (inflação de zeros). As variáveis explanatórias foram campanha (camp), método (met) e estado do mar como categoria (marf).

Modelo	Variáveis explanatórias	GL	Loglik	AIC	ΔAIC	Peso
bm22	met*camp+marf	9	-639.814	1298.0	0.00	0.511
bm21	met+camp+marf	8	-641.433	1299.1	1.17	0.284
bm25	camp+met*marf	12	-637.607	1299.8	1.83	0.205

GL=Graus de Liberdade; logLik=log da probabilidade; AIC=Critério de informação de Akaike; $\Delta AIC = AIC_{\text{modelo}} - AIC_{\text{mínimo}}$.

O modelo mais parcimonioso (bm22) mostra que as variações nas taxas de detecções ocorreram em diferentes intensidades para cada método ao longo das campanhas (Figura 13-A). Apesar de ter menores taxas de detecção em todas as campanhas, de acordo com o modelo, o método visual aumentou esta taxa de forma mais significativa no decorrer destas. Em relação à interação dos métodos com o estado do mar, ambos tiveram suas detecções reduzidas com o aumento das classes de estado do mar, principalmente em *Beaufort 4* (Figura 13-B). Da mesma forma, ambos voltaram a aumentar as taxas de detecção em *Beaufort 5*.

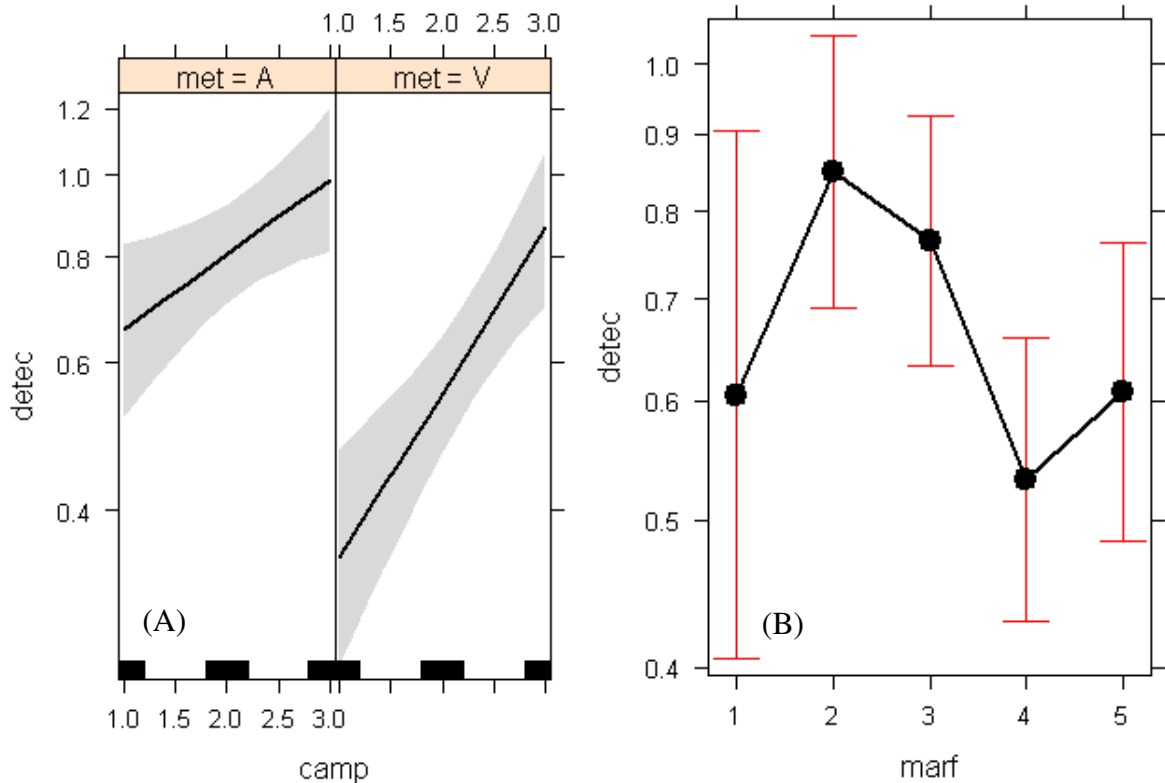


Figura 13 - Previsões do modelo bm22, mostrando o efeito da interação entre campanha e método e do estado do mar sobre as detecções. (A) Taxa de detecções por hora (detec) em relação às campanhas 1, 2 e 3 nos métodos acústico (met=A) e visual (met=V). (B) Efeitos do estado do mar (marf) nas classes *Beaufort* 1, 2, 3, 4 e 5 sobre as taxas de detecção (detec).

O modelo bm25 destaca que o método visual foi consideravelmente mais afetado pelos estados de mar desfavoráveis (Figura 14-A), enquanto o modelo bm21 destaca a superioridade das taxas de detecção acústica em relação às visuais (Figura 14-B).

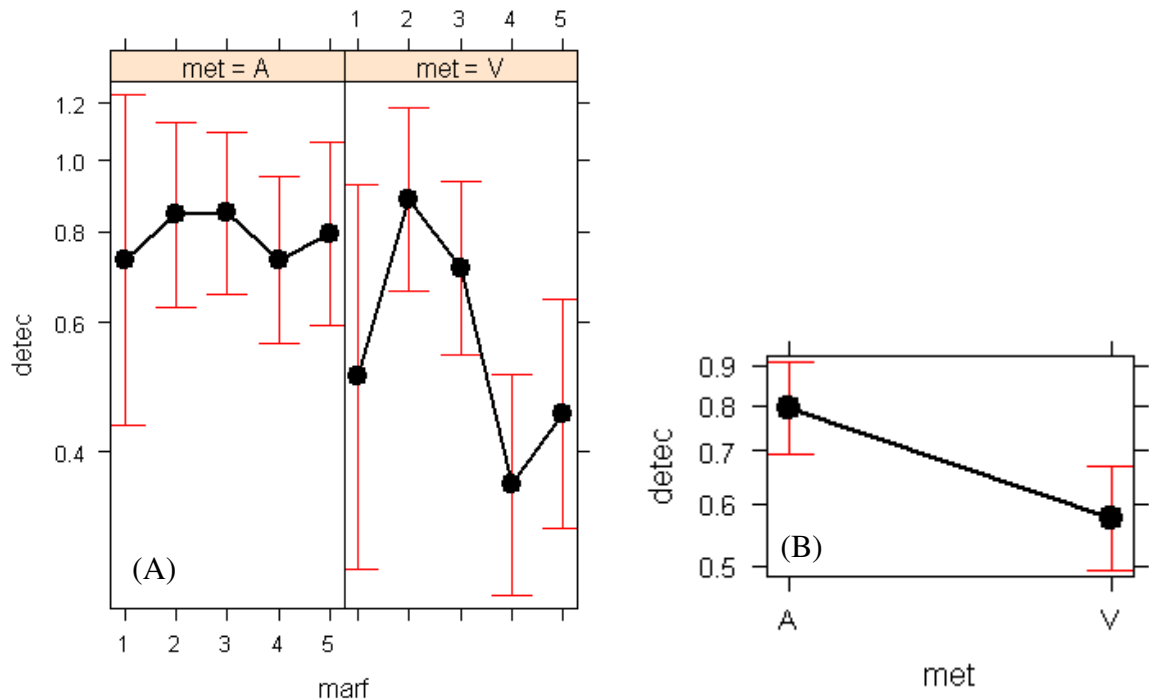


Figura 14 - Previsões dos modelos bm25 e bm21. (A) Efeitos da interação entre método (met) e estado do mar (marf) sobre as detecções. Taxa de detecções por hora pelos métodos acústico (met=A) e visual (met=V) nas diferentes classes de estado do mar (1, 2, 3, 4 e 5). (B) Efeito dos métodos (met) acústico (A) e visual (V) sobre as taxas de detecção (detec).

5 DISCUSSÃO

Limitações na aplicação dos métodos

As diferentes limitações encontradas para cada método mostram que suas aplicações conjuntas são capazes de otimizar o tempo de amostragem em levantamentos embarcados. O método acústico permitiu que a amostragem fosse mantida mesmo quando o método visual foi comprometido por estados do mar desfavoráveis. Por outro lado, a maior complexidade envolvida na aplicação acústica resultou em paralisações por questões técnicas, além das profundidades limitantes para o rebocamento dos hidrofones. Nestes momentos em que o método acústico foi impedido de operar, o método visual garantiu que a amostragem fosse mantida.

A principal limitação na aplicação do método visual foi de origem climática, uma vez que as condições de ondulações elevadas, ventos fortes e chuva põem em risco a segurança dos observadores e dificultam a detecção dos animais. Enquanto estas condições climáticas não podem ser alteradas, as limitações do método acústico são passíveis de intervenção. Assim como relatado por Rankin et al. (2007), o amadurecimento na aplicação do método acústico no presente estudo permitiu superar as limitações técnicas ao longo das campanhas.

Influência das campanhas e do estado do mar

A amostragem nas diferentes campanhas reflete tanto as diferenças nas condições climáticas quanto na sazonalidade da abundância e ocorrência das espécies (KIMURA et al., 2009; ARCANGELI et al., 2017; BECKER et al., 2017). Considerando que os métodos foram afetados de formas diferentes pelo clima, o fato das variações em suas taxas de detecção serem concordantes entre as campanhas sugere que cada método refletiu a diversidade de cetáceos da região nas diferentes estações. A influência das condições climáticas é notada, entretanto, nas diferentes intensidades com que as taxas oscilaram para cada método, limitando especialmente o método visual a partir de mar classe 3 na escala *Beaufort*.

Na primeira campanha (verão), as condições de amostragem foram intermediárias em relação às demais e sem presença dos animais migratórios na área de estudo. A soma destes fatores resultou nas menores taxas de detecção dos métodos, uma vez que cerca de metade do tempo amostrado foi em estados do mar *Beaufort* 4 e 5. Percebe-se, pela baixa distância média das detecções, que o método visual teve seu alcance bastante prejudicado. O método acústico não apresentou taxas tão baixas por ser menos afetado por condições climáticas e em virtude da densidade de Delphinidae e *Physeter macrocephalus* - cujos cliques são facilmente detectados a longos alcances (BARLOW & TAYLOR, 2005).

A segunda campanha (outono/inverno) apresentou as melhores condições de estado do mar e coincidiu com o início da temporada de baleias migratórias na região. Estes fatores resultaram em um aumento da taxa de detecção especialmente para o método visual. Além disso, a distância média das detecções foi a maior para ambos os métodos, o que pode ser explicado pelas condições de mar favoráveis.

Já a terceira campanha, mesmo representando o auge da temporada de baleias migratórias, coincidiu com as piores condições climáticas. Desta forma, mesmo tendo mostrado maior capacidade de detecção e identificação de baleias, o método visual não aumentou sua detectabilidade de forma tão expressiva quanto o método acústico. Nesta campanha, o método visual fez sua principal contribuição no número de antecipações dos matches, apesar de sua distância média de detecção ter sido a mais baixa registrada. Este aumento da antecipação visual pode refletir um aumento da incidência de comportamentos aéreos em mares com condição mais agitada (p.ex. DUNLOP et al., 2010).

Complementariedade nas respostas e aplicações ecológicas

Em relação à estruturação da comunidade na área de estudo, a detecção de determinados táxons nas três campanhas sugere a existência de algumas espécies de cetáceos na região ao longo do ano, enquanto outras espécies apresentaram variações sazonais. A continuidade dos estudos e o aumento do esforço permitirá responder se esta ausência de espécies em determinadas campanhas se deveu à insuficiência amostral ou se reflete uma real sazonalidade na densidade e ocorrência das espécies. A aplicação integrada dos métodos acústico e visual permite que a formulação destas hipóteses ocorra de forma mais segura, uma vez a perda de detecções de animais por um viés do método é reduzida (BARLOW & TAYLOR, 2005).

Adicionalmente, a proporção de *matches* em relação ao total de detecções mostra que os métodos fizeram um número considerável de observações distintas. Desta forma, utilizar os métodos combinados aumenta a fidelidade da amostragem em relação à diversidade da área. É importante, portanto, saber que o uso de um ou de outro método de forma isolada poderia gerar uma representatividade baixa da diversidade de cetáceos, uma vez que ambos os métodos tiveram contribuições únicas à composição de táxons identificados. A interpretação de dados gerados com o uso de apenas um destes métodos deve levar em consideração este fator. O método acústico, por exemplo, detectou e identificou animais de difícil registro visual, como representantes do gênero *Kogia* e da família Ziphiidae, que foram detectados apenas por este método ao longo das campanhas. Já o método visual contribuiu com uma maior resolução taxonômica dentro da família Delphinidae, identificando muitas detecções ao nível específico, enquanto o método acústico identificou-as ao nível de família.

Outro fator que deve ser considerado nas distintas aplicações dos métodos é a antecipação acústica nos matches, relacionada ao maior alcance do método acústico. Dessa forma, em situações em que seja importante detectar animais com maior antecipação (como em rotas de navios ou em atividades sísmicas) o método acústico parece mais eficiente. Entretanto, em locais com presença de baleias e ruídos de embarcações que dificultem as detecções acústicas, a abordagem visual se torna desejável por ter se mostrado mais eficiente em detectar estes animais.

Além de gerar conhecimentos acerca da distribuição e abundância da comunidade de cetáceos, as informações obtidas pelo uso concomitante dos métodos mostraram-se complementares na compreensão de questões comportamentais e ecológicas. A espécie de baleia migratória *Megaptera novaeangliae* foi registrada pelo método visual na segunda campanha, no início de sua temporada migratória. Entretanto, estes animais foram detectados pelo método acústico apenas na terceira campanha. Este fato pode contribuir com a compreensão de características migratórias da espécie na

região, uma vez que a detecção unicamente visual de *M. novaeangliae* na segunda campanha corrobora com a ideia de que indivíduos jovens e fêmeas sem filhotes (ou seja, indivíduos não cantores) sejam os primeiros a rumar para as áreas de reprodução (CRAIG et al., 2003). Já os indivíduos machos com atividade reprodutiva indicada pelo canto (PAYNE & MCVAY, 1971), se direcionariam às áreas de reprodução mais tardiamente, explicando a detecção acústica apenas na terceira campanha. Com uma abordagem unicamente acústica ou visual, este tipo de observação não seria possível.

Complementariedade como potencial de refinamento dos métodos

A baixa capacidade de identificação do método acústico observada não deve ser interpretada com uma limitação intrínseca ao método, mas reflete o contexto de sua aplicação em uma área ainda pouco amostrada (RANKIN et al., 2008). Em regiões mais estudadas, seu refinamento se encontra mais avançado através do conhecimento do repertório acústico das espécies (RANKIN et al., 2016). Entretanto, é sabido que há variações intraespecíficas e regionais que devem ser consideradas ao se identificar espécies acusticamente (OSWALD et al., 2003; MORON, 2015).

Apesar dos avanços já obtidos no uso do método acústico, isto se deu majoritariamente com dados procedentes do Hemisfério Norte. É importante que esse processo de refinamento das identificações acústicas seja feito com rigor nas diferentes regiões, pois há diferenças acústicas e intraespecíficas que devem ser consideradas para se gerar bons detectores e identificações confiáveis, evitando vieses (BARON et al., 2008).

Para que as identificações acústicas sejam feitas de forma confiável, é necessário conhecer primeiro as características das espécies da região, criando um banco de dados acústico destas espécies. Neste contexto, a aplicação conjunta dos métodos acústico e visual se torna um grande

potencial de refinamento do próprio método acústico. Tendo associações bem definidas entre a detecção acústica e a identificação visual através dos *matches*, pode-se criar um acervo de sons robusto para as espécies da região, incluindo a diversidade do repertório intraespecífico e as variações populacionais.

Dessa forma, apesar de o método acústico ter atingido sua assíntota em poucas campanhas, isto não representa o alcance de uma amostragem suficiente. O refinamento de sua capacidade de identificação irá potencialmente alterar sua curva de acúmulo de táxons. Já o método visual não se aproximou de sua assíntota em virtude do maior poder de identificação, que fez com que novos táxons fossem incluídos em todas as campanhas.

Este refinamento aumentará não só a capacidade de identificação acústica, mas também o potencial em descrever interações e comportamentos detectados em campo com a integração de dados acústicos e visuais. Permitirá dizer, por exemplo, se detecções com distintas identificações acústicas e visuais (como foi o caso de *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis*) consistem em erro por parte de algum método ou em uma interação interespecífica, na qual cada método detectou uma espécie.

6 CONCLUSÃO

Nossos resultados mostram que os métodos acústico e visual são complementares em uma abordagem multiespecífica de cetáceos. Esta complementariedade foi observada tanto do ponto de vista de dados e informações que são geradas, quanto do ponto de vista das limitações de cada método. Apesar do método acústico apresentar uma maior taxa de detecção de cetáceos e ser menos afetado por variáveis climáticas, o método visual permitiu identificar as detecções de forma mais específica e com uma maior resolução taxonômica. O método acústico, por sua vez, foi o único a registrar detecções do gênero *Kogia* e da família Ziphiidae, considerados animais raros e crípticos.

Sugerimos que a aplicação integrada dos métodos acústico e visual com enfoque multiespecífico é ideal especialmente em áreas pouco estudadas, uma vez que permitem gerar conhecimentos e questionamentos de base para futuras abordagens mais específicas. Além disso, as detecções pareadas permitirão o aprimoramento do método acústico, levando em conta as particularidades das espécies da região.

A adição de uma análise dos custos envolvidos na operação destes métodos permitirá uma avaliação do custo-benefício de suas aplicações isoladas e integradas. Com isso, saberemos se além de otimizar a amostragem e os dados gerados, o benefício desta aplicação integrada se compensa mutuamente dos pontos de vista ecológico e econômico.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, A.; BORRELL, A.; PASTOR, T. Biological factors affecting variability of persistent pollutant levels in cetaceans. **J. Cetacean Res. Manag.**, n. 1, p. 83-116, 1999.
- AKAMATSU, T.; WANG, D.; WANG, K.; WEI, Z. Comparison between visual and passive acoustic detection of finless porpoises in the Yangtze River, China. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 109(4), 1723-1727. 2001.
- ARCANGELI, A.; ILARIA, C.; BOLOGNA, M, A. Influence of seasonality on cetacean diversity, abundance, distribution and habitat use in the western Mediterranean Sea: Implications for conservation. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, 2017.
- BARLOW, J.; FERGUSON, M. C.; PERRIN, W. F.; BALLANCE, L.; GERRODETTE, T.; JOYCE, G.; MACLEOD, C. D.; MULLIN, K.; PALKA, D. L.; WATING, G. Abundance and densities of beaked and bottlenose whales (family Ziphiidae). **Journal of Cetacean Research and Management**, v. 7, n. 3, p. 263, 2005.
- BARLOW, J.; TAYLOR, B. L. Estimates of sperm whale abundance in the northeastern temperate Pacific from a combined acoustic and visual survey. **Marine Mammal Science**, v. 21, n. 3, p. 429-445, 2005.
- BARTON, K. MuMIn: Multi-Model Inference. **R package version 1.15.6**. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>. 2016.
- BARON, S. C., MARTINEZ, A., GARRISON, L. P., & KEITH, E. O. 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, 2008.
- BECKER, E. A.; FORNEY, K. A.; THAYRE, B.J.; DEBICH, A.J.; CAMPBELL, G.S.; WHITAKER, K.; DOUGLAS A. B.; GILLES, A.; HOOPES, R.; HILDEBRAND, J.A. Habitat-Based Density Models for Three Cetacean Species off Southern California Illustrate Pronounced Seasonal Differences. **Frontiers in Marine Science**, v.4, p.121, 2017.

BERTA, A.; SUMICH J.L. & KOVACS, K.M. **Marine Mammals: evolutionary biology**. 3rd edition. Academic Press, Amsterdam. 2015.

BORGES, J. C. G., VERGARA-PARENTE, J. E., ALVITE, C. M. D. C., MARCONDES, M. C. C., & LIMA, R. P. D.. Embarcações motorizadas: uma ameaça aos peixes-bois marinhos (*Trichechus manatus*) no Brasil. **Biota Neotrop**, v. 7, p. 199-204, 2007.

BUCKLAND, S.; ANDERSON, D.R.; BURNHAM, K.P.; LAAKE, J., BORCHERS, D., THOMAS, L. Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford, UK: **Oxford University Press**. 448 p. 2001

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Information and likelihood theory: a basis for model selection and inference. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**, v. 2, p. 49-96, 2002.

BURHAM, R. E.; PALM, R. S., DUFFUS, D. A., MOUY, X., & RIERA, A. The combined use of visual and acoustic data collection techniques for winter killer whale (*Orcinus orca*) observations. **Global Ecology and Conservation**, v. 8, p. 24-30, 2016.

CAMPHUYSEN, C. J. Top predators in marine ecosystems: their role in monitoring and management. **Cambridge University Press**, 2006.

CAÑADAS, A.; SAGARMINAGA, R.; GARCIA-TISCAR, S. Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 49, n. 11, p. 2053-2073, 2002.

CANTOR, M. et al. Multilevel animal societies can emerge from cultural transmission. **Nature communications**, v. 6, 2015

CARLI, R. C. Caracterização da frequência de atividades aéreas do golfinho-rotador, *Stenella longirostris* (Gray, 1828), na Baía dos Golfinhos do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha. 2012.

CLAPHAM, P. J. “The humpback whale – Seasonal Feeding and Breeding in a Baleen Whale”. In: **Cetacean Societies, field studies of dolphins and whales**. Chicago: The University of Chicago (Eds: MANN, J.; CONNOR, R. C.; TYACK, P. L.; WHITEHEAD, H.), p. 173-196, 2000.

CLARK, C. W. Acoustic behavior of mysticete whales. In: **Sensory abilities of cetaceans**. Springer US, 1990. p. 571-583.

CLUA, E.; GROSVALET, F. Mixed-species feeding aggregation of dolphins, large tunas and seabirds in the Azores. **Aquatic Living Resources**, v. 14, n. 1, p. 11-18, 2001.

CORKERON, P. J.; CONNOR, R. C. Why do baleen whales migrate? **Marine Mammal Science**, v. 15, n. 4, p. 1228-1245, 1999.

CRAIG, A. S., HERMAN, L. M., GABRIELE, C. M., & PACK, A. A. Migratory timing of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the central North Pacific varies with age, sex and reproductive status. **Behaviour**, v. 140, n. 8, p. 981-1001, 2003.

CRANFORD, T. W. In search of impulse sound sources in odontocetes. In: **Hearing by whales and dolphins**. Springer New York, p. 109-155. 2000.

DAURA-JORGE, F. G.; WEDEKIN, L. L.; PIACENTINI, V. Q.; SIMOES-LOPES, P. C. Padrões sazonais e diários do tamanho de grupo, coesão e atividade do boto-cinza, *Sotalia guianensis* (P.J. van Bénédén) (Cetacea, Delphinidae), no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.22, n.4, p.1014-1021, 2005.

DI TULLIO, J.C., GANDRA, T.B.R., ZERBINI, A.N., SECCHI, E.R. Diversity and Distribution Patterns of Cetaceans in the Subtropical Southwestern Atlantic Outer Continental Shelf and Slope. **PLoS ONE** 11(5). 2016.

DUNLOP, R.; CATO, D.H.; NOAD, M.J. Your attention please: increasing ambient noise levels elicits a change in communication behavior in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). **Proceedings of the Royal Society B**, v. 277, p. 2521-2529. 2010.

EVANS, P. G. H.; HAMMOND, P. S. Monitoring cetaceans in European waters. **Mammal review**, v. 34, n. 1/2, p. 131-156, 2004.

FÉLIX, F.; VAN WAEREBEEK, K. Whale mortality from ship strikes in Ecuador and West Africa. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 4, n. 1, p. 55-60, 2005.

FORNEY, K. A.; BARLOW, J. Seasonal patterns in the abundance and distribution of California cetaceans, 1991–1992. **Marine Mammal Science**, v. 14, n. 3, p. 460-489, 1998.

FORNEY, K. A., SOUTHALL, B. L., SLOOTEN, E., DAWSON, S., READ, A. J., BAIRD, R. W., & BROWNELL JR, R. L. Nowhere to go: noise impact assessments for marine mammal populations with high site fidelity. **Endangered Species Research**, 32, 391-413. 2017.

FOSSATI, C.; MUSSI, B.; TIZZI, R.; PAVAN, G.; PACE, D. S. Italy introduces pre and post operation monitoring phases for offshore seismic exploration activities. **Marine Pollution Bulletin**, 2017.

FOX, J. Effect Displays in R for Generalised Linear Models. **Journal of Statistical Software**, 8(15), 1-27. <http://www.jstatsoft.org/v08/i15/>. 2003.

FRANKEL, A. S.; CLARK, C. W., HERMAN, L., & GABRIELE, C. M. Spatial distribution, habitat utilization, and social interactions of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, off Hawai'i, determined using acoustic and visual techniques. **Canadian Journal of Zoology**, v. 73, n. 6, p. 1134-1146, 1995.

GOTELLI, N.J.; COLWELL, R.K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in measurement and comparison of species richness. **Ecol. Lett.** 4, 379–391. 2001.

HAWKINS, E. R.; GARTSIDE, D. F. Interactive behaviours of bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) during encounters with vessels. **Aquatic Mammals**, v. 35, n. 2, p. 259. 2009.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). Status of the world's cetaceans. **IUCN-SSC Cetacean Specialist Group**. Disponível em <http://www.iucn-csg.org/index.php/status-of-the-worlds-cetaceans>. Acessado em 15 de maio de 2017.

JARAMILLO-LEGORRETA, A., ROJAS-BRACHO, L., BROWNELL JR, R. L., READ, A. J., REEVES, R. R., RALLS, K.; TAYLOR, B. L. Saving the vaquita: immediate action, not more data. **Conservation Biology**, 1653-1655. 2007.

KASCHNER, K.; QUICK, N. J.; JEWELL, R.; WILLIAMS, R.; HARRIS, C. M. Global coverage of cetacean line-transect surveys: status quo, data gaps and future challenges. **PloS one**, v. 7, n. 9, p. e44075, 2012.

KATONA, S.; WHITEHEAD, H. Are cetacea ecologically important? **Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.**, v. 26, p. 553-568, 1988.

KELLOGG, W. N. Echo ranging in the porpoise. **Perception: an Adaptive Process**, v. 128, p. 42, 1973.

KETTEN, D. R. The Cetacean Ear: Form, Frequency and Evolution. In: **Marine Mammal Sensory Systems** (Eds: Thomas, J.; Kastelein, R.; Supin, A.). Plenum Press, New York, pp. 53-75. 1992.

KIMURA, S., AKAMATSU, T., WANG, K., WANG, D., LI, S., DONG, S., & ARAI, N. Comparison of stationary acoustic monitoring and visual observation of finless porpoises. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 125, n. 1, p. 547-553, 2009.

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

LERCZAK, J.A. & HOBBS, R.C. Calculating sightings distances from angular reading during shipboard, aerial, and shore-based marine mammals surveys. **Marine Mammal Science**, 14(3): 590-599. 1998.

LLOYD, H.B.; ROSS, G.A. Long-term trends in cetacean incidents in New South Wales, Australia. **Australian Zoologist**. 2015.

LODI, L.; BOROBIA, M. Baleias, botos e golfinhos do Brasil: guia de identificação. 2013.

- LUNDSTEN, L.; SCHLINING, K. L.; FRASIER, K.; JOHNSON, S. B.; KUHNZ, L. A.; HARVEY, J. B.; CLAGUE, G.; VRIJENHOEK, R. C.. Time-series analysis of six whale-fall communities in Monterey Canyon, California, USA. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 57, n. 12, p. 1573-1584, 2010.
- MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M. & PAGLIA, A. P. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: **Fundação Biodiversitas**. v.II, 1420p. 2008.
- MANN, J. Behavioral sampling methods for cetaceans: a review and critique. **Marine mammal science**, v. 15, n. 1, p. 102-122, 1999.
- MCCULAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalised Linear Models**. Monographs on Statistics and Applied Probability 37. London: Chapman & Hall. 511p. 1989.
- MCDONALD, M. A.; FOX, C. G. Passive acoustic methods applied to fin whale population density estimation. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 105, n. 5, p. 2643-2651, 1999.
- MELCÓN, M. L.; FAILLA, M.; IÑÍGUEZ, M. A. Echolocation behavior of franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) in the wild. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 131, n. 6, p. EL448-EL453, 2012.
- MOORE, P.W.B. Dolphin echolocation and audition. In: Nachtigal P.E and Moore P.W.B (eds) *Animal sonar: process and performance*. **Plenum Press**. New York, NY, USA pp: 161-168. 1988.
- MOORE, S.E.; STAFFORD, K.M.; MELLINGER, D.K.; HILDEBRAND., J.A. Listening for large whales in off-shore waters of Alaska. **BioScience** 56:49–55. 2006.
- MORON, J. R., SIMÕES AMORIM, T. O., SUCUNZA, F., DE CASTRO, F. R., ROSSI-SANTOS, M., & ANDRIOLO, A. Spinner dolphin whistle in the Southwest Atlantic Ocean: Is there a geographic variation?. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 138, n. 4, p. 2495-2498, 2015.
- O'SHEA, T. J. *Environmental contaminants and marine mammals*. 1999.

OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P.R., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H, SZOECs, E., WAGNER, H. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-3. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. 2017

PARENTE, C. L.; ARAÚJO, J. P. de; ARAÚJO, M. E. Diversity of cetaceans as tool in monitoring environmental impacts of seismic surveys. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 1, p. 0-0, 2007.

PYENSON, N. D. Requiem for *Lipotes*: An evolutionary perspective on marine mammal extinction. **Marine Mammal Science**, v. 25, n. 3, p. 714-724, 2009.

OSWALD, J. N., BARLOW, J., & NORRIS, T. F. Acoustic identification of nine delphinid species in the eastern tropical Pacific Ocean. **Marine mammal science**, v. 19, n. 1, p. 20-037, 2003.

PAYNE, R.S.; MACVAY, S. Songs of humpback whales. **Science** 173: 585-597. 1971.

PIROTTA, E.; MERCHANT, N. D., THOMPSON, P. M., BARTON, T. R., & LUSSEAU, D. Quantifying the effect of boat disturbance on bottlenose dolphin foraging activity. **Biological Conservation**, v. 181, p. 82-89, 2015.

PYĆ, C. D.; GEOFFROY, M.; KNUDSEN, F. R. A Summary Comparison of Active Acoustic Detections and Visual Observations of Marine Mammals in the Canadian Beaufort Sea. In: **The Effects of Noise on Aquatic Life II**. Springer New York. p. 879-884. 2016.

RANKIN, S., NORRIS, T. F., SMULTEA, M. A., OEDEKOVEN, C., ZOIDIS, A. M., SILVA, E., & RIVERS, J. A visual sighting and acoustic detections of minke whales, *Balaenoptera acutorostrata* (Cetacea: Balaenopteridae), in nearshore Hawaiian waters. **Pacific Science**, v. 61, n. 3, p. 395-398, 2007.

RANKIN, S., BARLOW, J., OSWALD, J., & BALLANCE, L. **Acoustic Studies of Marine Mammals During Seven Years of Combined Visual and Acoustic Line-Transect Surveys for Cetaceans in the Eastern Central Pacific Ocean**. 2008.

RANKIN, S., ARCHER, F., KEATING, J. L., OSWALD, J. N., OSWALD, M., CURTIS, A., & BARLOW, J. Acoustic classification of dolphins in the California Current using whistles, echolocation clicks, and burst pulses. **Marine Mammal Science**, 2016.

READ, A.J.; DRINKER, P. & NORTHRIDGE, S. Bycatch of Marine Mammals in U.S. and Global Fisheries. **Conservation Biology**, 20: 163-169. 2006.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, www.R-project.org. 2017.

REEVES, R.R., STEWART, B.S., CLAPHAM, P.J., POWELL, J.A. Guide to marine mammals of the world. **National Audobon Society.**, 2002.

RICHARDSON, W.J.; GREENE, C.R.J.; MALME, C.I; THOMSON, D.H. Marine mammals and noise. **San Diego: Academic Press**. 1995.

RICHMAN, N. I.; GIBBONS, J. M.; TURVEY, S. T.; AKAMATSU, T.; AHMED, B.; MAHABUB, E.; SMITH, B.D.; JONES, J. P. To see or not to see: investigating detectability of Ganges River dolphins using a combined visual-acoustic survey. **PloS one**, v. 9, n. 5, p. e96811, 2014.

ROCHA-CAMPOS, C. C. “Ameaças aos Mamíferos Aquáticos”. In: **Plano de ação nacional para conservação dos mamíferos aquáticos: grandes cetáceos e pinípedes**. (Eds: ROCHA-CAMPOS, C. C.; CÂMARA, I. G.). Versão III. Brasília, ICMBio, Diretoria de Conservação da Biodiversidade, Coordenação Geral de Espécies Ameaçadas, Série Espécies Ameaçadas, v. 14, p. 17, 2011.

ROMAN, J.; ESTES, J. A.; MORISSETTE, L.; SMITH, C.; COSTA, D.; MCCARTHY, J., NATIO, J. B.; NICOL, S.; PERSHING, A.; SMETACEK, V. Whales as marine ecosystem engineers. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 12, n. 7, p. 377-385. 2014.

ROSSI-SANTOS, M.; WEDEKIN, L. L.; SOUSA-LIMA, R. S. Distribution and habitat use of small cetaceans off Abrolhos Bank, eastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v. 5, n. 1, p. 23-28. 2006.

SIMARD, P. WALL, C. C., ALLEN, J. B., WELLS, R. S., GOWANS, S., FORYS, E. A., WÜRSIG, B.; MANN, D. A. Dolphin Distribution on the West Florida Shelf Using Visual Surveys and Passive Acoustic Monitoring. **Aquatic Mammals**, v. 41, n. 2, p. 167, 2015.

SOULÉ, M. E.; What is Conservation Biology?: A new synthetic discipline addresses the dynamics and problems of perturbed species, communities, and ecosystems. **BioScience**, 1985.

STRAYER, D., GLITZENSTEIN, J. S., JONES, C. G., KOLASA, J., LIKENS, G. E., MCDONNELL, M. J., PARKER, G. G.; ARBORETUM, M. F. C. Long-term ecological studies: an illustrated account of their design, operation, and importance to ecology. 1986.

SWARTZ, S. L.; COLE, T.; MCDONALD, M. A.; HILDEBRAND, J. A.; OLESON, E. M.; MARTINEZ, A.; CLAPHAM, J.B.; JONES, M. L. Acoustic and visual survey of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) distribution in the eastern and southeastern Caribbean Sea. **Caribbean Journal of Science**, v. 39, n. 2, p. 195-208, 2003.

TABACHNICK, B.G. Using Multivariate Statistics. Allyn and Bacon. 2000

TANABE, S. Contamination and toxic effects of persistent endocrine disrupters in marine mammals and birds. **Marine pollution bulletin**, v. 45, n. 1, p. 69-77, 2002.

THOMPSON, W.L., WHITE, G.C. & GOWAN, C. Monitoring Vertebrate Populations. **Academic Press**, San Diego. 1998.

THOMPSON, P. M.; BROOKES, K. L.; CORDES, L. S. Integrating passive acoustic and visual data to model spatial patterns of occurrence in coastal dolphins. **ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil**, v. 72, n. 2, p. 651-660, 2015.

TURVEY, S. T.; PITMAN, R. L.; TAYLOR, B. L.; BARLOW, J.; AKAMATSU, T.; BARRETT, L. A.; ZHAO, X.; REEVES, R.R.; STEWART, B.S.; WANG, K.; WEI, Z.; ZHANG, X.; PUSSER, L.T.; RICHLIN, M.; BRANDON, J.R.; WANG, D. First human-caused extinction of a cetacean species? **Biology letters**, v. 3, n. 5, p. 537-540, 2007.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. **Springer**, New York. ISBN 0-387-95457-0. 2002

VIALE, D. Cetaceans as indicators of a progressive degradation of Mediterranean water quality. **International journal of environmental studies**, v. 45, n. 3-4, p. 183-198, 1994.

WATKINS, W. A.; SCHEVILL, W. E. Sperm whale codas. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 62, n. 6, p. 1485-1490, 1977.

WATWOOD, S. L.; MILLER, P. J.; JOHNSON, M.; MADSEN, P. T.; TYACK, P. L.. Deep-diving foraging behaviour of sperm whales (*Physeter macrocephalus*). **Journal of Animal Ecology**, v. 75, n. 3, p. 814-825, 2006.

Apêndice A - Matches com identificações distintas entre os métodos por campanha. Identificação atribuída pelo método acústico (id A) e visual (id V) e apontamento do método mais específico (especif) na identificação por campanha (camp).

Camp	Especif	Id A	Id V				
1	V	DE	Sa	2	A	DE	C
1	V	DE	Sl	2	V	DE	Scl
1	*	Pb	Sg	2	V	O	Gg
1	V	DE	Tt	2	A	Pm	C
1	V	O	DE	2	V	DE	Sf
1	V	DE	DE	2	V	DE	Tt
1	A	DE	C	2	V	DE	DEL
1	V	DE	DE	2	V	DE	Sf
1	V	DE	DE	3	V	DE	GLO
1	V	DE	DE	3	A	DE	C
1	V	DE	DE	3	A	KOG	O
1	V	DE	STL	3	V	O	Sa
1	V	DE	Sa	3	V	DE	GLO
1	V	DE	DE	3	A	KOG	O
1	V	DE	DE	3	V	O	DE
1	V	DE	DE	3	V	DE	Sb
1	V	DE	STL	3	V	DE	GLO
1	V	DE	STL	3	A	ZI	C
1	V	O	Gg	3	V	DE	GLO/Tt/Sb/STL
2	V	O	Sf	3	V	DE	Sf
2	V	DE	Sl	3	V	O	Sf
2	V	DE	Sf	3	V	DE	DEL
2	V	DE	Sa	3	A	O	C
2	V	DE	Sf	3	V	DE	Scl
2	V	DE	Sa	3	V	DE	Sb
2	V	DE	Sf	3	V	DE	Sf
2	V	DE	Sb	3	V	DE	Sl
2	V	DE	Tt	3	V	DE	GLO
2	V	DE	Sf	3	A	DE	C
2	V	DE	Sa	3	V	O	GLO
2	V	O	Sf	3	A	DE	C
2	V	DE	Sf	3	V	DE	Sf
2	V	DE	Sl	3	V	DE	DEL
2	V	DE	Gg	3	V	DE	Sl
2	A	DE	O	3	V	O	GLO
2	V	O	Gg	3	V	DE	STL
2	A	Pm	C	3	V	DE	As
2	V	DE	Sf	3	V	O	DE

* = identificações relacionadas. A=Acústico. V=Visual. Os táxons identificados incluem: C (Cetacea), DE (Delphinidae), DEL (*Delphinus* spp.), Gg (*Grampus griseus*), GLO (*Globicephala* sp.), KOG (*Kogia* sp.), O (Odontoceti), Pb (*Pontoporia blainvillei*), Pm (*Physeter macrocephalus*), Sa (*Stenella attenuata*), Sb (*Steno bredanensis*), Scl (*Stenella clymene*), Sf (*Stenella frontalis*), Sg (*Sotalia guianensis*), Sl (*Stenella longirostris*), STL (*Stenella* sp.), Tt (*Tursiops truncatus*), ZI (Ziphiidae).

Apêndice B - Descrição dos modelos lineares generalizados (GLMs) referentes às variações nas taxas de detecções.

Modelo	Variáveis Explanatórias	Df	Loglik	Aic	Delta	Peso
bm22	met*camp+marf	9	-625.266	1268.9	0.00	0.266
bm21	met+camp+marf	8	-626.992	1270.3	1.38	0.133
bm25	camp+met*marf	12	-622.993	1270.6	1.71	0.113
bm35	fcamp+met*beaufort	7	-628.399	1271.0	2.13	0.092
bm11	met*fcamp+marf	11	-624.350	1271.2	2.33	0.083
bm10	met+fcamp+marf	9	-626.487	1271.3	2.44	0.078
bm14	fcamp+met*marf	13	-622.497	1271.7	2.83	0.065
bm17	met*camp	5	-631.457	1273.0	4.15	0.033
bm32	met*fcamp+beaufort	8	-628.452	1273.2	4.30	0.031
bm31	met+fcamp+beaufort	6	-630.625	1273.4	4.53	0.028
bm16	met+camp	4	-633.257	1274.6	5.71	0.015
bm24	met+camp*marf	12	-625.011	1274.6	5.75	0.015
bm33	met*fcamp*beaufort	13	-624.168	1275.0	6.17	0.012
bm34	met+fcamp*beaufort	8	-629.657	1275.6	6.71	0.009
bm4	met*fcamp	7	-630.938	1276.1	7.21	0.007
bm13	met+fcamp*marf	17	-620.514	1276.2	7.35	0.007
bm3	met+fcamp	5	-633.168	1276.5	7.57	0.006
bm19	camp+marf	7	-632.059	1278.3	9.45	0.002
bm7	fcamp+marf	8	-631.550	1279.4	10.50	0.001
bm23	met*camp*marf	21	-618.083	1280.0	11.12	0.001
bm28	fcamp+beaufort	5	-635.359	1280.8	11.95	0.001
bm15	camp	3	-637.746	1281.5	12.66	0.000
bm20	camp*marf	11	-630.184	1282.9	14.00	0.000
bm30	fcamp*beaufort	7	-634.485	1283.2	14.31	0.000
bm2	fcamp	4	-637.640	1283.4	14.48	0.000
bm9	fcamp*marf	16	-625.755	1284.6	15.70	0.000
bm6	met+marf	7	-637.418	1289.1	20.17	0.000
bm8	met*marf	11	-633.435	1289.4	20.50	0.000
bm29	met*beaufort	5	-640.128	1290.4	21.49	0.000
bm12	met*fcamp*marf	31	-612.987	1292.0	23.11	0.000
bm27	met+beaufort	4	-642.394	1292.9	23.98	0.000
bm1	met	3	-643.587	1293.2	24.34	0.000
bm5	marf	6	-641.905	1296.0	27.09	0.000
bm26	beaufort	3	-646.496	1299.0	30.16	0.000
bm0	1	2	-647.531	1299.1	30.21	0.000

A variável resposta, em todos os casos, é a taxa de detecção por hora em cada dia amostrado. O tempo de amostragem diário (em horas) foi considerado *offset*. Os modelos (bm22, bm21, bm25) foram calculados considerando a distribuição Binomial Negativa (inflação de zeros). As variáveis explanatórias foram campanha (camp), método (met) e estado do mar como categoria (marf). GL=Graus de Liberdade; logLik=log da probabilidade; AIC=Critério de informação de Akaike; $\Delta AIC=AIC_{\text{modelo}}-AIC_{\text{mínimo}}$.