

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE - UNIVILLE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE

KAMILA ANDRESSA DO NASCIMENTO MAIESKI

**ABUNDÂNCIA E COMPORTAMENTO DE MERGULHO DE
BALEIAS-JUBARTE (*Megaptera novaeangliae*) NA REGIÃO AO SUL DA
PRINCIPAL ÁREA DE OCORRÊNCIA NO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL**

JOINVILLE-SC

2022

KAMILA ANDRESSA DO NASCIMENTO MAIESKI

**ABUNDÂNCIA E COMPORTAMENTO DE MERGULHO DE
BALEIAS-JUBARTE (*Megaptera novaeangliae*) NA REGIÃO AO SUL DA
PRINCIPAL ÁREA DE OCORRÊNCIA NO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL**

Dissertação de Mestrado
apresentada como requisito
parcial para obtenção do
título de Mestre em Saúde e
Meio Ambiente, na
Universidade da Região de
Joinville - UNIVILLE.
Orientadora: Prof^ª Dr^ª Marta
Jussara Cremer.
Coorientador: Dr. Leonardo
Liberali Wedekin

JOINVILLE-SC

2022

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

M217a Maieski, Kamila Andressa do Nascimento
Abundância e comportamento de mergulho de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na região ao sul da principal área de ocorrência no Atlântico Sul ocidental/ Kamila Andressa do Nascimento Maieski; orientadora Dra. Marta Jussara Cremer; coorientador Dr. Leonardo Liberali Wedekin. – Joinville: UNIVILLE, 2022.

84 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)

1. Baleia-jubarte – Atlântico, Oceano, Costa (Brasil, Sul) – Comportamento.
2. Baleias – Atlântico, Oceano, Costa (Brasil, Sul). I. Cremer, Marta Jussara (orient.). II. Wedekin, Leonardo Liberali (coorient.). III. Título.

CDD 599.525

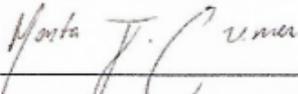
Termo de Aprovação

“Abundância e Comportamento de Mergulho de Baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Região ao Sul da Principal Área de Ocorrência no Atlântico Sul Ocidental”

por

Kamila Andressa do Nascimento Maieski

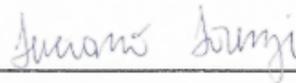
Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestra em Saúde e Meio Ambiente, área de concentração Saúde e Meio Ambiente e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente.



Prof. Dra. Marta Jussara Cremer
Orientadora (UNIVILLE)

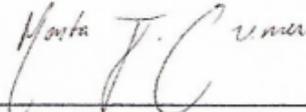


Dr. Leonardo Liberali Wedekin
Coorientador (Socioambiental Consultores
Associados Ltda)



Prof. Dr. Luciano Lorenzi
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente

Banca Examinadora:



Prof. Dra. Marta Jussara Cremer
Orientadora (UNIVILLE)



Dr. Guilherme Augusto Bortolotto de Oliveira
(Universidade de St. Andrews)



Prof. Dr. Sidnei da Silva Dornelles
(UNIVILLE)

Joinville, 12 de agosto de 2022

AGRADECIMENTOS

À PETROBRAS por ter cedido os dados do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS). Este projeto foi executado pela PETROBRAS para cumprimento de condicionante ambiental exigida no Licenciamento Ambiental conduzido pelo IBAMA das atividades de produção e escoamento de petróleo e gás natural no Pólo Pré-Sal da Bacia de Santos (processo no. 02001.114279/2017-80, ACCTMB no. 657/2015).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), com o apoio da bolsa de estudo através do Programa de Suporte a Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares – PROSUP.

À UNIVILLE, ao Laboratório de Ecologia e Conservação de Tetrápodes Marinhos e Costeiros (TetraMar), aos docentes do Programa de Pós-graduação e as meninas da secretaria por sempre estarem disponíveis para ajudar.

A Prof.^a Dra. Marta Jussara Cremer, que desde a graduação vem me orientando e me guiando nesse caminho da pesquisa acadêmica. Obrigada por todos os ensinamentos, correções (que não foram poucas rs), reuniões, campos, conversas e oportunidades!! Ao Dr. Leonardo Wedekin, pela coorientação, correções e contribuições nos artigos!

A banca externa, Dr. Guilherme Bortolotto, que desde a qualificação se disponibilizou e vem contribuindo com o trabalho com toda sua experiência na área. A banca interna, Prof^o Dr. Sidnei Dornelles, pela disponibilidade de contribuir com o trabalho em mais uma banca minha.

A galera do embarque, que sempre me apoiou e foram meus grandes parceiros em várias aulas e trabalhos online a bordo. Obrigada pelas trocas de conhecimentos (principalmente em “R”), por me ouvirem e me aconselharem ao longo das campanhas de trabalho (Em especial, Capitão Fabão, Thiago, Barata e Fernando).

A minha amiga Thay, que com toda paciência me ajudou e me guiou inúmeras vezes nas análises do segundo capítulo, foi minha luz em tempos difíceis!

Ao pessoal da Toca da Toninha, que fez com que meus dias fossem mais divertidos em meio aos prazos e loucura da vida de uma mestranda (Gabe, Jô, Naira, Mari B. e Luan). Em especial, meus irmãos de alma, Gabriel e João, que apesar de estudarmos em universidades diferentes, nos unimos e nos ajudamos sempre. Obrigada pelas horas extras na Toca e finais de semana trabalhando. Gratidão por tanta parceria!

As minhas melhores amigas, por entenderem a minha ausência nos últimos tempos e estarem comigo mesmo à distância (Cah, Jé, Mari M., Ni e Sah).

A minha família, minha vida. Que sempre me apoia, me incentiva, se preocupa e cuida de mim, mesmo de longe. Amo todos vocês (Mãe, Pai, Mel - Joey e Phoebe).

Agradeço ao meu marido, meu grande amor, Thiago (Abu). Que sem dúvidas foi meu maior incentivador, meu ombro e meu melhor amigo. Obrigada por sempre ser o meu refúgio. Por fim, as minhas filhas pet's, que sempre me trouxeram amor e carinho em dias conturbados, Nala, Maya e meu eterno amor, Kiva (em memória).

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Locais de marcação com transmissores satelitais dos sete indivíduos de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no Brasil. Número de identificação do transmissor no sistema Argos (PTT - Terminal de transmissão da plataforma). A linha azul indica a isóbata de 200 m. Posição da principal área de reprodução no Brasil, o Banco de Abrolhos. 21
- Figura 2.** Profundidade (m) e duração (min) dos mergulhos das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em cada ambiente (oceânico e plataforma) no Atlântico Sul Ocidental. m = metros; min = minutos. 26
- Figura 3.** Boxplot da profundidade (m) e duração (min) dos mergulhos de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) nos ambientes plataforma e oceânico. A barra na horizontal representa a mediana. As linhas horizontais da caixa representam o primeiro e terceiro quartil. As linhas tracejadas indicam o limite inferior e superior. 27
- Figura 4.** Posição dos mergulhos classificados como rasos (< 80m) nos pontos pretos e profundos (≥ 80 m) nos pontos verdes, entre os ambientes da plataforma e oceânico registrados para sete indivíduos de baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcados na Bacia de Santos, no Atlântico Sul Ocidental. A linha tracejada (cinza) indica o limite da Bacia de Santos. 28
- Figura 5.** Boxplot da profundidade (m) e duração (min) dos mergulhos de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre os períodos (diurno e noturno) nos ambientes plataforma e oceânico. A barra na horizontal representa a mediana. As linhas horizontais da caixa representam o primeiro e terceiro quartil. As linhas tracejadas indicam o limite inferior e superior. 29
- Figura 6.** Duração (minutos) e profundidade (metros) do mergulho de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre os três perfis de mergulho durante o dia e a noite nos ambientes (oceânico e plataforma) no Atlântico Sul Ocidental. Frequência (%) de cada perfil de mergulho entre os períodos em cada ambiente. 30

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Localização da área de estudo com as margens limites da Bacia de Santos e limites das isóbatas 50 m, 200 m e 2.000 m de profundidade na região. Posição da principal área de reprodução das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), o Banco de Abrolhos. 54
- Figura 2.** Rotas percorridas em cada ano realizada no período de maior ocorrência de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Bacia de Santos. Limites da área de estudo destacados pela linha cinza. 56
- Figura 3.** Curva de detecção do melhor modelo de função para as baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) detectadas no período de 2016 a 2020 na Bacia de Santos. 62
- Figura 4.** Estimativa de abundância de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) ao longo dos cinco anos (2016 a 2020) de monitoramento na Bacia de Santos. I = erro padrão. 63
- Figura 5.** Mapas de Calor mostrando as áreas de concentração das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Bacia de Santos, registradas entre 2016 e 2020. 65

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Número de posições obtidas por categoria de qualidade para sete baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcadas com transmissores satelitais, número de identificação do transmissor no sistema Argos (PTT - Platform Transmitter Terminal), com a data de marcação, sexo (F = fêmea, M = macho), tempo de transmissões recebidas (em dias), distância percorrida (km), total das informações das colunas (tempo, nº de posições e distância), porcentagem (%) de cada qualidade de posição. 25

Tabela 2. Número total de mergulhos, por perfil (Square, U e V), tipo de mergulho (raso e profundo), valor máximo (Max) e média da profundidade e duração dos mergulhos das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em cada ambiente (Plataforma e Oceânico). M = metros, min = minutos, DP = desvio padrão. 25

Tabela 3. Profundidade (metros) e duração (minutos) média dos tipos de mergulho (raso e profundo) e total por período de ocorrência (diurno e noturno) para sete baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcadas no litoral sudeste e sul do Brasil. Frequência (%) do tipo de mergulho por período em cada ambiente (plataforma e oceânico). DP = desvio padrão. n = número de mergulhos. 29

Tabela 4. Profundidade (metros) e duração (minutos) média dos perfis de mergulho (Shapes) por período do dia (diurno e noturno) para sete baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcadas no litoral sudeste e sul do Brasil. Frequência (%) do tipo de mergulho por perfil em cada ambiente (plataforma e oceânico). DP = desvio padrão. n = número de mergulhos. 31

Tabela 5. Profundidade (metros) e duração (minutos) média dos tipos de mergulho (raso e profundo) por perfil de mergulho (Shapes) para sete baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcadas no litoral sudeste e sul do Brasil. Frequência (%) do tipo de mergulho por perfil em cada ambiente (plataforma e oceânico). DP = desvio padrão. n = número de mergulhos. NA = Ausência de informação. 32

CAPÍTULO II

Tabela 1. Covariáveis utilizadas para modelagem da função de detecção entre os anos de 2016 e 2020, com suas respectivas descrições (nível). Tipo de variável a ser considerada no modelo (categórica). 59

Tabela 2. Resumo da amostragem entre os anos na Bacia de Santos para as estimativas de abundância da baleia-jubarte. Notação: mn = milhas náuticas; DP = desvio padrão; Máx = máximo. 60

Tabela 3. Modelos testados das funções de detecções para as baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre os anos de 2016 e 2020. Função de detecção: hazard-rate (hr) e half-normal (hn), covariáveis (método de detecção (detec), pista para detecção (pista), escala de Beaufort, estado do tempo e visibilidade) e termos de ajustes (cosseno, polinomial simples e hermite), nulo = sem termos de ajuste, P = probabilidade de detecção média e CV = coeficiente de variação, AIC = Critério de informação de Akaike, Delta AIC (< 2), C-vM = Qualidade de ajuste do teste de Cramér-von Mises. Em cinza está destacado o melhor modelo. 61

Tabela 4. Estimativas de densidade e abundância por ano de monitoramento para baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Bacia de Santos. 63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	6
2	OBJETIVO GERAL	9
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2.1.1	CAPÍTULO I	9
2.1.2	CAPÍTULO II	9
3	CAPÍTULO I	16
3.1	RESUMO	16
3.2	ABSTRACT	17
3.3	INTRODUÇÃO	18
3.4	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.4.1	Área de estudo	20
3.4.2	Coleta de dados	21
3.4.3	Análises dos dados	22
3.5	RESULTADOS	24
3.6	DISCUSSÃO	33
3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS	39
4	CAPÍTULO II	50
4.1	RESUMO	50
4.2	ABSTRACT	51
4.3	INTRODUÇÃO	52
4.4	MATERIAIS E MÉTODOS	54
4.4.1	Área de estudo	54
4.4.2	Coleta de dados	55
4.4.3	Análise dos dados	57
4.5	RESULTADOS	59
4.6	DISCUSSÃO	66
4.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXOS	76

1 INTRODUÇÃO GERAL

A caça às baleias foi um marco durante o século XX que reduziu populações de diversas espécies, provocando a mortalidade de milhares de indivíduos de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) (Borowski, 1781), incluindo de forma ilegal pela União Soviética até 1972 (YABLOKOV *et al.*, 1998; CLAPHAM *et al.*, 2008). A pressão da caça comercial resultou na redução de até 90% de várias populações da espécie nos períodos mais intensos (CLAPHAM *et al.*, 1999). Em 1986, a caça foi proibida pela IWC (Comissão Internacional da Baleia) no Brasil (GAMBELL, 1993). Desde então, a recuperação e o aumento populacional das baleias-jubarte no Atlântico Sul Ocidental (PAVANATO *et al.*, 2017; WEDEKIN *et al.*, 2017; ZERBINI *et al.*, 2019) ocasionou uma maior distribuição espacial da população e a reocupação de antigas áreas de reprodução (ROSSI-SANTOS *et al.*, 2008). Por conta desse aumento, a espécie teve o status modificado de “Vulnerável” para “Baixo Risco” pela IUCN (International Union for the Conservation of Nature) (COOKE, 2018). A baleia-jubarte pertence à Ordem Cetartiodactyla, Infraordem Cetacea e Parvordem Mysticeti, que compreende as baleias com barbatanas ou verdadeiras, pertencendo a família Balaenopteridae (CLAPHAM *et al.*, 2008; RICE, 2009). Se distingue das outras espécies da família por apresentar uma grande nadadeira peitoral que pode chegar a 1/3 do seu corpo, proporcionando maior manobrabilidade (WOODWARD *et al.*, 2006; CLAPHAM *et al.*, 2008).

A espécie possui coloração preta na região dorsal do corpo e branca na ventral (CLAPHAM *et al.*, 2008). Quando a baleia-jubarte nasce, pode medir cerca de 4,5 m de comprimento, e quando adulta pode chegar até 17 m (CLAPHAM *et al.*, 1999). A gestação da espécie dura de 11 a 12 meses e gera apenas um único filhote (CHITTLEBOROUGH, 1958). Nas áreas de reprodução, em seus primeiros meses de vida, os filhotes se alimentam do leite materno e estabelecem um forte vínculo com a mãe até cerca de um ano de idade, mas começam a se alimentar de pequenos crustáceos como o krill (*Euphasia superba*) a partir dos seis meses de idade nas áreas de alimentação (CHITTLEBOROUGH, 1958; CLAPHAM *et al.*, 1999).

Distribui-se por todos os principais oceanos e anualmente realiza longas migrações (CLAPHAM *et al.*, 2000). No verão, a espécie ocupa regiões de altas latitudes para se alimentar e durante o inverno migra para regiões de baixas latitudes para se reproduzir e ter os seus filhotes (CLAPHAM *et al.*, 2000). No Hemisfério Sul, a

IWC reconhece sete subpopulações (A à G) de baleias-jubarte que migram para as áreas de alimentação no Oceano Austral, sendo que no Brasil ocorre o Estoque Reprodutivo A, que migra para áreas de reprodução do Atlântico Sul Ocidental (IWC, 2005).

No Brasil, os indivíduos se distribuem principalmente entre o Rio Grande do Norte (5°S) e Rio de Janeiro (23°S) (ANDRIOLO *et al.*, 2006; ZERBINI *et al.*, 2006; ANDRIOLO *et al.*, 2010; BORTOLOTTI *et al.*, 2016a; 2017; PAVANATO *et al.*, 2017). No entanto, devido ao aumento populacional da espécie nos últimos anos (WEDEKIN *et al.*, 2017; ZERBINI *et al.*, 2019), regiões mais ao norte (PRETTO *et al.*, 2009; RISTAU *et al.*, 2020) e ao sul da área de ocorrência estão sendo ocupadas pela espécie no litoral brasileiro (DANILEWICZ *et al.*, 2009; ANDRIOLO *et al.*, 2010; BORTOLOTTI *et al.*, 2016b), sendo estas mais escassas em informações. Estima-se que cerca de 80% das baleias-jubarte brasileiras utilizam a região do Banco de Abrolhos como principal área de reprodução (ANDRIOLO *et al.*, 2010; BORTOLOTTI *et al.*, 2017; PAVANATO *et al.*, 2018). O número de indivíduos na área de distribuição regular cresce gradualmente a partir de junho, com o ápice entre o final de agosto e início de setembro (MORETE *et al.*, 2008), mas alguns indivíduos já são observados no mês de maio na costa brasileira (MARTINS *et al.*, 2001). Em seguida, sua abundância começa a decrescer à medida que a espécie retorna para as áreas de alimentação (MORETE *et al.*, 2008).

A rota migratória dessa população ocorre em águas mais afastadas da costa brasileira (oceânicas) e indica que as Ilhas South Sandwich e South Georgia são as principais regiões de alimentação deste estoque reprodutivo (ZERBINI *et al.*, 2006; ENGEL & MARTIN, 2009; BAMFORD *et al.*, 2022). Entretanto, ela pode se alimentar de modo oportunista nas áreas de reprodução como forma de suplementar a demanda energética (ALVES *et al.*, 2009; DANILEWICZ *et al.*, 2009; BORTOLOTTI *et al.*, 2016b). Esta rota coincide com áreas de exploração de hidrocarbonetos na Bacia de Santos (ZERBINI *et al.*, 2006), o que a torna mais vulnerável à poluição sonora e a colisão com embarcações (BAIRD *et al.*, 2000; ASCHETTINO *et al.*, 2020). Dentre as grandes baleias, a baleia-jubarte é a segunda espécie a ser mais atingida por navios (JENSEN *et al.*, 2004) e é de extrema importância a construção de novas medidas de conservação que auxiliem na redução de ameaças conhecidas para a espécie. A compreensão do comportamento de mergulho pode auxiliar a estimar o risco potencial ao qual a espécie está exposta na região, como o risco de colisão com navios

(BEZAMAT *et al.*, 2014; CALAMBOKIDIS *et al.*, 2019) e interação com artefatos de pesca (BAIRD *et al.*, 2000).

Na última década, estudos utilizando a telemetria vêm avançando para definir os movimentos e o comportamento de mergulho dos mamíferos marinhos (HUSSEY *et al.*, 2015). De maneira geral, durante a realização dos mergulhos as baleias espalham nutrientes para a zona fótica através de suas plumas fecais e estimulam a produtividade do fitoplâncton (EDWARDS *et al.*, 2020) e por isso são consideradas engenheiras ecossistêmicas (ROMAN *et al.*, 2014). A baleia-jubarte é conhecida por permanecer a maior parte do tempo nos primeiros 10 m da coluna d'água (BAIRD *et al.*, 2000). Em áreas de reprodução, espera-se que a espécie realize mergulhos mais rasos e curtos para minimizar o gasto energético devido ao período de jejum em baixas latitudes (VIDESEN *et al.*, 2017), principalmente de pares mãe e filhote, em que as fêmeas lactantes reduzem a condição corporal nessa época devido a amamentação (BEDJER *et al.*, 2019). Após o parto, o comportamento de mergulho da dupla mãe e filhote é sincronizado para gerar uma maior proteção do recém-nascido (TYSON *et al.*, 2012). Geralmente as duplas são encontradas em áreas mais rasas e calmas quando comparados a grupos sem filhotes (MARTINS *et al.*, 2001). No entanto, ao longo do dia podem se movimentar para profundidades maiores, possivelmente devido à influência de embarcações (PACK *et al.*, 2022).

Apesar de existirem poucos estudos a respeito dos mergulhos de baleias-jubarte em área de reprodução, mergulhos profundos também já foram registrados e podem ocorrer como uma estratégia de alimentação oportunista para suplementar as demandas energéticas (GOLDBOGEN *et al.*, 2013; DERVILLE *et al.*, 2020) ou como uma forma de se orientar no ambiente durante a rota migratória (VAN HAREN, 2015). Vale ressaltar que o mergulho mais profundo (616 m) registrado para a espécie foi em uma área de reprodução no Pacífico Sul (DERVILLE *et al.*, 2020).

Embora a baleia-jubarte seja a espécie de misticeto mais estudada no Brasil (e.g., CYPRIANO-SOUZA *et al.*, 2018; SOUSA-LIMA *et al.*, 2018; GROCH *et al.*, 2021; VILLAGRA *et al.*, 2021), informações a respeito da estimativa populacional e comportamento de mergulho são escassas para os indivíduos que frequentam a região mais ao sul da sua principal área de ocorrência no litoral brasileiro. Neste sentido, esta dissertação foi estruturada em dois capítulos para contribuir com informações ecológicas e comportamentais das baleias-jubarte nesta região ao longo da plataforma

continental e região oceânica, que abrange parte da migração em direção às áreas de alimentação.

2 OBJETIVO GERAL

Analisar a abundância e comportamento de mergulho da porção de baleias-jubarte que frequenta a plataforma continental e oceânica ao sul de Cabo Frio - RJ no Brasil.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1.1 CAPÍTULO I

- Descrever o comportamento de mergulho das baleias-jubarte ao longo da plataforma continental da Bacia de Santos (plataforma) e durante a migração rumo às áreas de alimentação (região oceânica);
- Analisar possíveis variações no comportamento de mergulho diurno e noturno entre os ambientes (plataforma e oceânico).

2.1.2 CAPÍTULO II

- Estimar a densidade e abundância das baleias-jubarte na Bacia de Santos ao longo de cinco anos (2016 a 2020);
- Analisar variações na abundância e o uso de potenciais áreas utilizadas pela espécie ao longo deste período.

REFERÊNCIAS

ALLEN, A. M.; SINGH, N. J. Linking movement ecology with wildlife management and conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 3, n. JAN, p. 1–13, 2016.

ALVES, L. C. P.; ANDRIOLO, A.; ZERBINI, A. N.; PIZZORNO, J. L. A.; CLAPHAM, P. J. Record of feeding by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in tropical waters off Brazil. *Marine Mammal Science*, v. 25, n. 2, p. 416-419, 2009.

ANDRIOLO, A. KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; MARTINS, C. C. A., RUFINO, A. M. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: Distribution and population size estimate. *Endangered Species Research*, v. 11, n. 3, p. 233–243, 2010.

BAIRD, R. W.; LIGON, A. D.; HOOKER, S. K. Sub-surface and night-time behavior of humpback whales off Maui, Hawaii: a preliminary report. Report prepared under Contract # 40ABNC050729 from the Hawaiian Islands Humpback Whale National Marine Sanctuary, Kihei, HI, to the Hawaii Wildlife Fund, Paia, HI, p. 1–19, 2000.

BAMFORD, C. C. G.; JACKSON, J. A.; KENEDDY, A. K.; TRATHAN, P. N.; STANILAND, I. J., ANDRIOLO, A.; BREDIÑANA-ROMANO, L.; CARROL, E.L.; MARTIN, S.; ZERBINI, A. N. Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) distribution and movements in the vicinity of South Georgia and the South Sandwich Islands Marine Protected Area. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, v. 198, p. 105074, 2022.

BEJDER, L.; VIDESEN, S.; HERMANNSEN, L.; SIMON, M.; HANF, D.; MADSEN, P.T. Low energy expenditure and resting behaviour of humpback whale mother-calf pairs highlights conservation importance of sheltered breeding areas. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 1–11, 2019.

BORTOLOTTI, G. A.; DANILEWICZ, D.; ANDRIOLO, A.; SECCHI, E. R.; ZERBINI, A. N. Whale, whale, everywhere: increasing abundance of western South Atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in their wintering grounds. *PLoS One*, v. 11, n. 10, 2016.

CAGNACCI, F.; BOITANI, L.; POWELL, R. A.; BOYCE, M. S. Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: A perfect storm of opportunities and challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 365, n. 1550, p. 2157–2162, 2010.

CALAMBOKIDIS, J.; FAHLBUSCH, J. A.; SZESCIORKA, A. R.; SOUTHALLI, B. L.; CADE, D. E.; FRIEDLAENDER, A. S.; GOLDBOGEN, J. A. Differential vulnerability to ship strikes between day and night for blue, fin, and humpback whales based on dive and movement data from medium duration archival tags. *Frontiers in Marine Science*, p. 543, 2019.

CHITTLEBOROUGH, R. *Megaptera nodosa* (Bonnaterre). *Marine and Freshwater Research*, v. 9, n. 1, p. 1, 1958.

CLAPHAM, P. J.; MEAD, J. G. *Megaptera novaeangliae*. *Mammalian Species*, v. 604, p. 1-9, 1999.

CLAPHAM P. J.; MANN J.; CONNOR R. C.; TYACK P. T.; WHITEHEAD H. The humpback whale: seasonal feeding and breeding in baleen whales, *Cetacean Societies: Field studies of Dolphins and Whales*, University of Chicago Press, v. 7, p. 173-198, 2000.

CLAPHAM, P. J.; AGUILAR, A.; HATCH, L. T. Determining spatial and temporal scales for management: Lessons from whaling. *Marine Mammal Science*, v. 24, n. 1, p. 183–201, 2008.

COOKE, J. G. *Megaptera novaeangliae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T13006A50362794. 2018.

CYPRIANO-SOUZA, A. L.; DA SILVA, T. F.; ENGEL, M. H.; BONATTO, S. L. Effective population size and the genetic consequences of commercial whaling on the humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from Southwestern Atlantic Ocean. *Genetics and Molecular Biology*, v. 41, p. 253-262, 2018.

DANILEWICZ, D.; TAVARES, M.; MORENO, I. B.; OTT, P. H.; TRIGO, C. C. Evidence of feeding by the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in mid-latitude waters of the western South Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, v. 2, 2009.

EDWARDS, M., ATKINSON, A., BRESNAN, E., HELAOUET, P., MCQUATTERS-GOLLUP, A., OSTLE, C., & WIDDICOMBE, C. Plankton, jellyfish and climate in the North-East Atlantic. *MCCIP Sci. Rev*, p. 322-353, 2020.

ENGEL, M.H. & MARTIN, A.R. Feeding grounds of the western South Atlantic humpback whale population. *Marine Mammal Science*, v. 25, p. 964-969, 2009.

GAMBELL, R. International management of whales and whaling: an historical review of the regulation of commercial and aboriginal subsistence whaling." *Arctic*, p. 97-107, 1993.

GROCH, K. R.; BLAZQUEZ, D. N.; MARCONDES, M. C.; SANTOS, J.; COLOSIO, A., DÍAZ DELGADO, J.; CATÃO-DIAS, J. L. Cetacean morbillivirus in Humpback whales' exhaled breath. *Transboundary and Emerging Diseases*, v. 68, n. 4, p. 1736-1743, 2021.

HUSSEY, N. E.; KESSEL, S. T.; AARESTRUP, K.; COOKE, S. J.; COWLEY, P. D.; FISK, A. K. N.; HARCOURT, R. G.; T.; HOLLAND, WHORISKEY, F. G.; IVERSON, S. J.; KOCIK, J. F.; FLEMMING, J. E. M. Aquatic animal telemetry: a panoramic window into the underwater world. *Science*, v. 348, n. 6240, p. 1255642, 2015.

International Whaling Commission (IWC). Report of the subcommittee on other Southern Hemisphere whale stocks. *Journal of Cetacean Research and Management*, v. 7, p. 235-253, 2005.

JENSEN, A. S., SILBER, G. K.; CALAMBOKIDIS, J. Large whale ship strike database. 2004.

MARTINS, C. C. A.; MORETE, M. E.; COITINHO, M. H. E.; FREITAS, A. C.; SECCHI, E. R.; KINAS, P. G. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground. *Memoirs of the Queensland Museum*, v. 47, n. 2, p. 563-570, 2001.

MORETE, M. E.; BISI, T. L.; PACE, R. M.; ROSSO, S. Fluctuating abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in a calving ground off coastal Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 88, n. 6, p. 1229-1235, 2008.

PACK, A. A.; WATERMAN, J. O.; CRAIG, A. S. Diurnal increases in depths of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) mother-calf pods off West Maui, Hawai'i: A response to vessels? *Marine Mammal Science*, 2022.

PRETTO, D. J.; ANDRADE, M. C. M.; OLIVEIRA, J. M.; OLIVEIRA, M. G. A. First record of a humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), stranding in Pará State, Northern coast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 4, p. 1207–1208, 2009.

RICE, D. W. Classification. In: PERRIN, W. F.; WURSIG, B.; THEWISSEN, J. G. M. Ed(s). *Encyclopedia of Marine Mammals*. San Diego, CA: Academic Press, p. 234-238, 2009.

RISTAU, N. G.; MARTINS, C. C.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; BALENSIEFER, D.; SOUSA, G.; MARMONTEL, M.; FARIAS, I. P. Sharing the space: Review of humpback whale occurrence in the Amazonian Equatorial Coast. *Global Ecology and Conservation*, 22, p. e00854, 2020.

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

ROSSI-SANTOS, M. R.; NETO, E. S.; BARACHO, C. G.; CIPOLOTTI, S. R.; MARCOVALDI, E.; ENGEL, M. H. Occurrence and distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of the State of Bahia, Brazil, 2000–2006. *ICES Journal of Marine Science*, v. 65, n. 4, p. 667-673, 2008.

SOUSA-LIMA R. S.; ENGEL, M. H.; SÁBATO, V.; LIMA, B. R.; QUEIRÓZ, T. S.; BRITO, M. R.; CLARK, C. W. Acoustic ecology of humpback whales in Brazilian waters investigated with basic and sophisticated passive acoustic technologies over 17 years. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, p. 23-40, 2018.

VILLAGRA, D.; GARCÍA-CEGARRA, A.; GALLARDO, D. I.; PACHECO, A. S. Energetic effects of whale-watching boats on humpback whales on a breeding ground. *Frontiers in Marine Science*, v. 7, p. 600508, 2021.

WEDEKIN, L. L.; ENGEL, M. H.; ANDRIOLO, A.; PRADO, P. I.; ZERBINI, A. N., MARCONDES, M. M. C.; KINAS, P. G.; SIMÕES-LOPES, P. C. Running fast in the slow lane: rapid population growth of humpback whales after exploitation. *Marine Ecology Progress Series*, 575, 195-206, 2017.

WITTEVEEN, B.H.; WORTHY, G.A.J.; WYNNE, K.M.; HIRONS, A.C.; ANDREWS, A.G.; MARKEL, R.W. Trophic levels of north pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) through analysis of stable isotopes: implications on prey and resource quality. *Aquatic Mammals*, n. 37, v. 2, p. 101-110, 2011.

WOODWARD, B. L.; WINN, J.P.; FISH, F. E. Morphological Specializations of Baleen Whales Associated With Hydrodynamic Performance and Ecological Niche. *Journal of Morphology*, v. 1294, n. October, p. 1042–1154, 2006.

YABLOKOV, A. V.; ZEMSKY, V. A.; MIKHALEY, Y. A.; TORMOSOV, V. V.; BERZIN, A. A. Data on Soviet whaling in the Antarctic in 1947-1972 (population aspects). *Russian Journal of Ecology*, v. 29, n. 1, p. 38-42, 1998.

ZERBINI, A.N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JORGENSEN, M.P.; PIZZORNO, J.L.; MAIA, Y.G.; VANBLARICOM, G.R.; DEMASTER, D.P.; SIMÕES-LOPES, P.C.;

MOREIRA, S.; BETHLEM, C. Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, v. 313, p. 295–304, 2006.

ZERBINI, A. N.; ADAMS, G.; BEST, J.; CLAPHAM, P. J.; JACKSON, J. A.; PUNT, A. E. Assessing the recovery of an Antarctic predator from historical exploitation. *Royal Society Open Science*, v. 6, n.10, p. 190368, 2019.

3 CAPÍTULO I

COMPORTAMENTO DE MERGULHO DE BALEIAS-JUBARTE (*Megaptera novaeangliae*) NA PLATAFORMA CONTINENTAL AO SUL DE CABO FRIO E EM PARTE DO CORREDOR MIGRATÓRIO NO ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL

3.1 RESUMO

As características do comportamento de mergulho nos ajudam a entender como as baleias utilizam o ambiente marinho. Nos últimos anos, a população de baleias-jubarte que se reproduz no Brasil vem aumentando e ampliando sua distribuição em regiões mais ao sul da sua principal área de ocorrência conhecida (5°S-23°S). As informações sobre como a espécie utiliza essas regiões são escassas, principalmente dos aspectos do comportamento de mergulho. Assim, este trabalho teve como objetivo descrever o comportamento de mergulho das baleias-jubarte no ambiente da plataforma continental (< 200m) e oceânico (≥ 200m), e analisar variações nictemerais entre estes ambientes. Sete baleias-jubarte foram marcadas com transmissores satelitais (SPLASH-10) entre as latitudes 23°S e 26°S (2016-2018). Um total de 6.920 mergulhos foram analisados. Não houve diferença na profundidade dos mergulhos entre os ambientes, mas os mergulhos foram mais longos na plataforma (média = 4 min). Tanto os mergulhos rasos (< 80m) quanto os profundos (≥ 80m) foram mais frequentes durante o dia e mais longos à noite. Apenas no ambiente oceânico os mergulhos diurnos foram mais profundos. A duração dos mergulhos para os diferentes perfis (Square, U e V) foi diferente, mas em relação a profundidade foi observada uma diferença apenas na plataforma. Este trabalho contribui para o melhor entendimento do comportamento de mergulho das baleias-jubarte e que as informações geradas podem ser utilizadas para avaliar com mais precisão os riscos aos quais as baleias estão expostas fora das áreas reprodutivas no Atlântico Sul Ocidental.

Palavras-chave: Mysticeti; balaenopteridae; perfis de mergulho; Brasil.

3.2 CHAPTER I

DIVING BEHAVIOR OF HUMPBACK WHALES (*Megaptera novaeangliae*) ON THE CONTINENTAL PLATFORM IN SOUTHERN CABO FRIO AND IN PART OF THE MIGRATORY CORRIDOR IN THE SOUTH WESTERN ATLANTIC

3.3 ABSTRACT

The characteristics of diving behavior help us understand how whales use the marine environment. In recent years, the population of humpback whales that breed in Brazil has been increasing and expanding its distribution in regions further south of its main known area of occurrence (5°S-23°S). Information on how the species uses these regions is scarce, especially regarding diving behavior aspects. Thus, this study aimed to describe the diving behavior of humpback whales in the continental shelf (< 200m) and oceanic (≥ 200m) environments, and to analyze nycthemeral variations between these environments. Seven humpback whales were tagged with satellite transmitters (SPLASH-10) between latitudes 23°S and 26°S (2016-2018). A total of 6,920 dives were analyzed. There was no difference in diving depths between environments, but the dives were longer on the continental shelf (mean = 4 min). Both shallow (< 80m) and deep (≥ 80m) dives were more frequent during the day and longer at night. Only in the oceanic environment the diurnal dives were deeper. The duration of the dives for the different profiles (Square, U and V) was different, but in relation to the depth a difference was observed only on the platform. This work contributes to a better understanding of the diving behavior of humpback whales and that the information generated can be used to more accurately assess the risks to which whales are exposed outside their breeding areas in the Western South Atlantic.

Keywords: Mysticeti; balaenopteridae; shape dives; Brazil.

3.4 CAPÍTULO I

COMPORTAMIENTO DE BUCEO DE LAS BALLENAS JROBADAS (*Megaptera novaeangliae*) EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL AL SUR DE CABO FRIO Y EN PARTE DEL CORREDOR MIGRATORIO EN EL ATLÁNTICO SUROESTE

3.5 RESUMEN

Las características del comportamiento de buceo nos ayudan a comprender cómo las ballenas utilizan el medio ambiente marino. En los últimos años, la población de ballenas jorobadas que se reproducen en Brasil ha ido en aumento y ampliando su distribución en regiones más al sur de su principal área de ocurrencia conocida (5°S-23°S). La información sobre cómo la especie usa estas regiones es escasa, especialmente con respecto a aspectos del comportamiento de buceo. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo describir el comportamiento de buceo de las ballenas jorobadas en los ambientes de la plataforma continental (< 200 m) y oceánicos (\geq 200 m), y analizar las variaciones nyctemeras entre estos ambientes. Siete ballenas jorobadas fueron marcadas con transmisores satelitales (SPLASH-10) entre las latitudes 23°S y 26°S (2016-2018). Se analizaron un total de 6.920 inmersiones. No hubo diferencia en la profundidad de las inmersiones entre ambientes, pero las inmersiones fueron más largas en la plataforma (media = 4 min). Tanto las inmersiones poco profundas (< 80 m) como las profundas (\geq 80 m) fueron más frecuentes durante el día y más largas durante la noche. Solo en el medio oceánico las inmersiones diurnas fueron más profundas. La duración de las inmersiones para los diferentes perfiles (Cuadrado, U y V) fue diferente, pero en relación a la profundidad se observó diferencia únicamente en la plataforma. Este trabajo contribuye a una mejor comprensión del comportamiento de buceo de las ballenas jorobadas y que la información generada pueda utilizarse para evaluar con mayor precisión los riesgos a los que están expuestas las ballenas fuera de sus áreas de reproducción en el Atlántico Sur Occidental.

Palabras clave: Mysticeti; balaenopteridae; perfiles de buceo; Brasil.

3.6 INTRODUÇÃO

A rota migratória da população de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) que frequentam o Atlântico Sul Ocidental compreende as águas oceânicas entre as áreas de reprodução (baixas latitudes) e alimentação (altas latitudes) (ZERBINI *et al.*, 2006; BENDRIÑANA-ROMANO *et al.*, 2022). Em baixas latitudes, a população utiliza o Banco de Abrolhos como principal área reprodutiva na costa brasileira (ANDRIOLO *et al.*, 2010; BORTOLOTTI *et al.*, 2017; PAVANATO *et al.*, 2018), mas também ocorre em regiões mais ao norte (5°S) e ao sul (23°S) dessa área (DANILEWICZ *et al.*, 2009; PRETTO *et al.*, 2009; ANDRIOLO *et al.*, 2010; BORTOLOTTI *et al.*, 2016b). Nas altas latitudes, a população utiliza como principais áreas de alimentação as Ilhas South Sandwich e South Georgia (BAMFORD *et al.*, 2022). No entanto, evidências de alimentação já foram registradas para alguns indivíduos em áreas reprodutivas do Atlântico Sul Ocidental (ALVES *et al.*, 2009; DANILEWICZ *et al.*, 2009; BORTOLOTTI *et al.*, 2016b) e Atlântico Norte (WITTEVEEN *et al.*, 2011) e foram associados como uma alternativa de complementar a demanda energética nas baixas latitudes.

Estudos envolvendo a telemetria satelital podem avaliar com mais detalhes esse comportamento esporádico de alimentação através de seus mergulhos em áreas de reprodução. O comportamento de mergulho é um dos fatores que define como os animais utilizam a coluna d'água e a telemetria é uma das principais ferramentas para a obtenção desses dados (STEVICK *et al.*, 2002). Estudos relacionados ao comportamento de mergulho das baleias vêm avançando nos últimos anos com o uso da telemetria satelital.

A baleia-jubarte é a baleia mais estudada de todo o mundo (CLAPHAM *et al.*, 2000) e a primeira espécie de cetáceo a ser estudada no Atlântico Sul Ocidental utilizando a telemetria satelital para avaliar os aspectos comportamentais (ANDRIOLO *et al.*, 2014) e movimentos durante a sua rota migratória (ZERBINI *et al.*, 2006). No entanto, informações a respeito do comportamento de mergulho são escassas para a população que frequenta o litoral brasileiro. O comportamento de mergulho da espécie é mais conhecido em áreas de alimentação no Golfo do Maine (HAZEN *et al.*, 2009) e Península Antártica (TYSON *et al.*, 2012; CURTICE *et al.*, 2015; FRIEDLAENDER, *et al.*, 2013). Em áreas de reprodução, estudos foram efetuados na Nova Caledônia

(DERVILLE *et al.*, 2020) e no Golfo Exmouth (BEJDER *et al.*, 2019; VIDESEN *et al.*, 2017), envolvendo pesquisas focadas em outras populações dessa espécie.

Em geral, as baleias-jubarte são conhecidas por ficarem boa parte do tempo nos primeiros metros da coluna d'água (BAIRD *et al.*, 2000) e espera-se que os mergulhos sejam mais rasos e curtos em áreas de reprodução e migração (VIDESEN *et al.*, 2017), pelo alto gasto energético de um mergulho profundo (FRIEDLAENDER, *et al.*, 2013). No entanto, mergulhos profundos já foram registrados para a espécie em áreas de reprodução (DERVILLE *et al.*, 2020), migração (STERN; FRIEDLAENDER, 2018) e em áreas de alimentação (FRIEDLAENDER, *et al.*, 2013).

Três hipóteses buscam explicar a ocorrência de mergulhos profundos em áreas de reprodução e durante a migração (HERMAN *et al.*, 2007; GOLDBOGEN *et al.*, 2013; VAN HAREN, 2015). Uma possibilidade seria de que os indivíduos se orientem no ambiente a partir de turbulências junto ao relevo do fundo, que geram pistas para localizar a rota migratória (VAN HAREN, 2015). A outra é que os indivíduos utilizam as maiores profundidades para comunicação intraespecífica durante a competição por acasalamento (HERMAN *et al.*, 2007). A terceira é de que estes sejam mergulhos exploratórios em busca de alimentação oportunista para suplementar a demanda energética para chegar nas áreas de alimentação (GOLDBOGEN *et al.*, 2013). Até o momento, o mergulho mais profundo relatado para a baleia-jubarte foi de 616 m, registrado no início da migração na área de reprodução do Pacífico Sul Ocidental (DERVILLE *et al.*, 2020).

O mergulho pode ser influenciado principalmente pela distribuição das presas, que podem ser afetadas pela luminosidade do ambiente, diferenciando o seu comportamento entre o período diurno e noturno (FRIEDLAENDER, *et al.*, 2013). Na Península Antártica, uma área de alimentação utilizada por outra população de baleias-jubarte que se reproduz na costa oeste da América do Sul, foram observados mergulhos mais profundos principalmente durante o dia e mais rasos de noite (FRIEDLAENDER, *et al.*, 2013), da mesma forma que em áreas de reprodução no Pacífico Sul Ocidental (DERVILLE *et al.*, 2020). Muito pouco se sabe sobre o comportamento de mergulho das baleias-jubarte utilizando a telemetria satelital no Brasil.

Nos últimos anos, a população de baleias-jubarte que frequenta o litoral brasileiro vem aumentando (ZERBINI *et al.*, 2019; WEDEKIN *et al.*, 2017) e ocupando regiões mais ao sul da sua principal área de concentração (ANDRIOLO *et al.*, 2010;

PAVANATO *et al.*, 2018; BORTOLOTTI *et al.*, 2017). Entender como a espécie está utilizando a coluna d'água nesta região pode auxiliar a compreender como regiões fora das áreas de concentração estão sendo utilizadas. A partir disso, pode-se auxiliar em estimativas do risco potencial ao qual a espécie está exposta na região, como a intensa atividade antrópica, incluindo tráfego de embarcações e interação com artefatos de pesca (BAIRD *et al.*, 2000; BEZAMAT *et al.*, 2014; CALAMBOKIDIS *et al.*, 2019). A rota migratória da espécie coincide com áreas de exploração de hidrocarbonetos na Bacia de Santos (ZERBINI *et al.*, 2006), o que a torna mais vulnerável à poluição sonora e ao risco de colisão com embarcações e/ou navios (BAIRD *et al.*, 2000; ASCHETTINO *et al.*, 2020).

Assim, o objetivo deste capítulo foi analisar o comportamento de mergulho das baleias-jubarte ao longo da plataforma continental da Bacia de Santos, assim como na região oceânica, durante a migração rumo às áreas de alimentação, para analisar a ocorrência de variações na profundidade e duração de mergulhos diurnos e noturnos entre os ambientes de plataforma e oceânico. Esses dados preenchem uma lacuna do conhecimento sobre o comportamento de mergulho de baleias-jubarte em uma região fora das áreas reprodutivas, consideradas de expansão populacional e ao longo da rota migratória nas baixas latitudes do Atlântico Sul Ocidental.

3.7 MATERIAIS E MÉTODOS

3.7.1 Área de estudo

A área de estudo compreendeu parte da plataforma continental e oceânica ao longo do litoral sudeste e sul do Brasil. Nela está inserida a Bacia de Santos (CAMPO *et al.*, 1995), onde ocorreram todas as marcações com transmissores nas baleias-jubarte, sendo estas com limites entre Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro (23°S) e a Ilha de Santa Catarina, litoral central do Estado de Santa Catarina (26°S) (Figura 1). A Bacia de Santos é influenciada pela Corrente do Brasil que é responsável por transportar águas mais quentes e oligotróficas, no sentido norte-sul. Entre os meses da primavera e verão, a região recebe a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que avança sobre a plataforma e provoca um aumento na produtividade, como é o caso da ressurgência em Cabo Frio (MATSUURA, 1996). No inverno, a Corrente das Malvinas é responsável por levar águas mais frias sobre a plataforma continental no sentido sul para o norte, através de inputs continentais de sistemas costeiros (rios, estuários e lagunas) (CAMPO *et al.*, 1995).

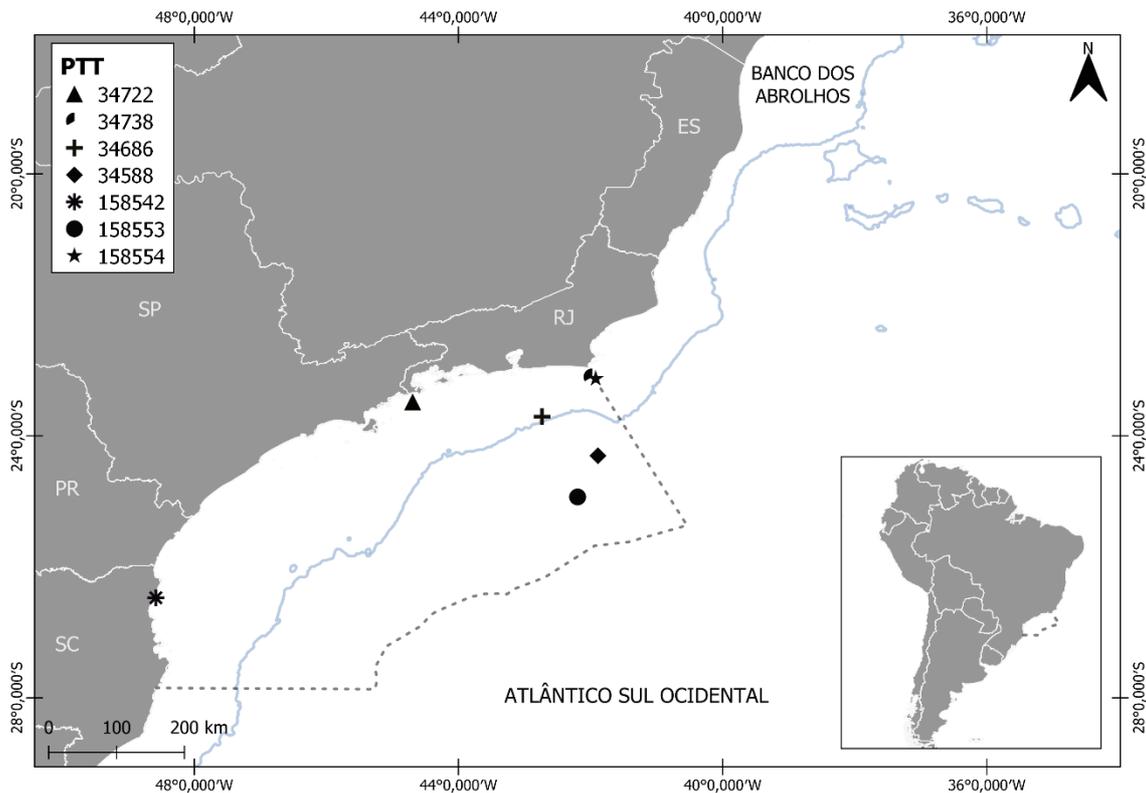


Figura 1. Locais de marcação com transmissores satelitais dos sete indivíduos de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) no Brasil. Número de identificação do transmissor no sistema Argos (PTT - Terminal de transmissão da plataforma). A linha azul indica a isóbata de 200 m. A linha tracejada delimita a Bacia de Santos. A posição da principal área de reprodução no Brasil, o Banco de Abrolhos, está indicada.

3.7.2 Coleta de dados

Sete baleias-jubarte foram marcadas com transmissores satelitais com sistema de ancoragem na configuração implantável ao longo da plataforma continental do Brasil e região oceânica adjacente (Figura 1). Estes indivíduos foram marcados no período de 2016 e 2018, durante campanhas para o registro de cetáceos (no contexto do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos, PMC-BS), que abrangeram tanto águas oceânicas quanto costeiras, a bordo de uma embarcação de 23,7 metros de comprimento e seis metros de boca.

Para a obtenção de dados de mergulho foram utilizados transmissores satelitais implantáveis do tipo SPLASH-10 (Wildlife Computers, Redmond, WA, USA) fixados no dorso das baleias-jubarte, logo abaixo da nadadeira dorsal, por meio de um rifle de ar comprimido com 12 bar de pressão (Restech Arts) (HEIDE-JØRGENSEN *et al.*, 2001). Na primeira campanha (i.e., 2016) o sistema de ancoragem foi formado por uma âncora acoplada ao transmissor, com três pétalas; nas demais foi utilizada uma âncora fixa ao

transmissor, com três pétalas e uma roseta. A marcação dos animais foi feita a partir de um bote inflável (6,3 m) com motor de popa de 115 Hp. A implantação dos transmissores só foi efetuada em condição do mar adequada para a descida dos botes e aproximação das baleias (Escala de Beaufort ≤ 3). Indivíduos acompanhados de filhotes, muito jovens e em comportamento esquivo, não foram marcados. Quando possível, foi realizada uma biópsia do indivíduo marcado utilizando uma balestra de 150 bar de pressão com ponteira de 40 mm para identificar o sexo a partir do DNA (GILSON & SYVANEN, 1998). Os resultados destas análises estão disponíveis no Sistema de Gerenciamento de Dados do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (SisPMC – <https://sispmcprd.petrobras.com.br/>). Todas as atividades de marcação e biópsia foram autorizadas pelo IBAMA pela licença ABIO N° 637/2015 (renovada em 28/08/2018 e 28/06/2021).

Programação do Tag. Os transmissores registraram o horário (i.e., hora, minuto e segundo), posição geográfica (via sistema satelital Argos), profundidade, duração e perfis de mergulho. Três perfis de mergulho (“Square”, “U” e “V”) que consideram a proporção de tempo que o indivíduo permanece no fundo e o tempo que leva durante a descida e subida no ambiente, foram classificados automaticamente pelo Programa de Análise de Mergulho (*Wildlife Computers*). Além disso, para prolongar a duração da bateria, os transmissores foram programados para uma transmissão diária de 8 a 11 horas durante todos os dias, considerando os horários com a presença simultânea de pelo menos três satélites na região, que foram definidos a cada campanha a partir dos dados disponíveis na página do sistema Argos (<https://www.argos-system.org>). Para reduzir vieses da obtenção de dados que não são conceituados como mergulho, como o de realizar várias respirações seguintes na superfície, foram consideradas apenas as imersões que atingiram profundidade ≥ 10 m e duração ≥ 30 s (DERVILLE *et al.*, 2020).

3.7.3 Análises dos dados

As posições geográficas registradas e disponibilizadas pelo sistema ARGOS são classificadas em sete categorias, considerando sua margem de erro, sendo elas: “3” (< 250 m), “2” (entre 250 e 500 m), “1” (entre 500 e 1500 m), “0” (> 1500 m), “A” e “B” (sem estimativas de precisão) e “Z” (sem estimativa de erro). Todas as posições classificadas em nível “Z” e em “terra” foram descartadas devido a sua localização não ser válida. Pelo fato das posições enviadas pelo transmissor serem da localização de onde a baleia emergiu e o mergulho, não necessariamente ter sido realizado nessa

mesma posição, foi necessário estimar as posições dos mergulhos. Para estimar as posições geográficas dos mergulhos foi utilizado um modelo que se ajusta as posições geográficas obtidas via Argos, o modelo do tipo CRW (Continuous-time Correlated Random Walk), que estimou uma posição a cada 6 horas considerando a posição geográfica anterior e posterior, por meio da função *crwPredict* do pacote *crawl* do software R (JOHNSON *et al.*, 2008; DERVILLE *et al.*, 2020) Posteriormente, cada mergulho foi classificado considerando dois ambientes: plataforma, correspondendo àqueles que ocorreram sobre a plataforma continental, até a isóbata de 200 m; e oceânico, como aqueles ocorrendo em área com profundidade superior a 200 m. Esta divisão foi feita para avaliar a ocorrência ou não de variações no comportamento de mergulho entre estes ambientes. Com base nos mergulhos profundos por Derville *et al.*, (2020), os mergulhos foram separados em dois tipos: rasos (< 80m) e profundos (\geq 80m). Para analisar a ocorrência de diferenças na profundidade e duração dos mergulhos entre os ambientes da plataforma continental e oceânico, foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney (U), pois os dados não atenderam aos pressupostos da normalidade. Para melhor visualização dos dados, foram construídos gráficos *Boxplot* (mediana, primeiro e terceiro quartis). O mesmo teste foi utilizado para avaliar diferenças na profundidade e duração dos mergulhos considerando os períodos diurno (06:00 às 18:00 hrs) e noturno (18:00 às 06:00 hrs) em cada ambiente. Para avaliar variações na proporção dos diferentes perfis de mergulho considerando cada ambiente, o teste de Chi-quadrado de Pearson (χ^2) foi efetuado. O teste de Kruskal-Wallis (KW) foi efetuado para avaliar diferenças na profundidade e duração entre os perfis de mergulho em cada ambiente. Foi considerado um valor significativo de $p < 0,05$ para todos os testes realizados. A preparação dos dados e as análises foram efetuadas no Software R (versão 4.0.5) (R Core Team, 2021). Os mapas foram elaborados no Software QGIS (versão 3.20.2) (QGIS, 2019).

3.8 RESULTADOS

Dentre as baleias-jubarte marcadas com transmissores satelitais, apenas três tiveram biópsia coletadas e o sexo identificado, sendo dois machos e uma fêmea. A duração das transmissões variou de 1,5 a 53 dias (média = 25, DP = 20,7) e a distância percorrida por dia variou de 26 a 116 km (média = 68,5, DP= 34,3) (Tabela 1).

Um total de 6.920 mergulhos foi registrado, sendo 91,5% classificados como rasos (i.e., < 80 m), ocorrendo tanto nos ambientes de plataforma como oceânico. A profundidade e duração média dos mergulhos foi de 35,6 m (DP = 36,8) e 3,3 min (DP = 2,8), respectivamente, e máxima de 355,5 m e 27 min.

Tabela 1. Número de posições obtidas por categoria de qualidade para sete baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcadas com transmissores satelitais, número de identificação do transmissor no sistema Argos (PTT - Platform Transmitter Terminal), com a data de marcação, sexo (F = fêmea, M = macho), tempo de transmissões recebidas (em dias), distância percorrida total (km), total das informações das colunas (tempo, nº de posições e distância), porcentagem (%) de cada qualidade de posição.

PTT	Data de marcação	Sexo	Tempo (dias)	Nº de posições						Distância (km)
				Qualidade						
				A	B	0	1	2	3	
158542	10/08/2016	M	18	58	103	7	47	49	32	462
158553	20/08/2016	-	13	33	92	15	17	22	5	1.502
158554	21/08/2016	-	1,5	1	10	0	0	0	0	39
34588	20/07/2017	F	53	101	257	27	64	55	28	5.166
34686	23/07/2017	-	34	66	287	8	23	18	7	2.755
34722	26/07/2018	M	50	133	344	27	54	44	30	3.870
34738	29/07/2018	-	2	0	12	0	0	0	0	114
TOTAL			171,5	392	1105	84	205	188	102	13.908
% qualidade de posição				18,8	53,2	4,0	9,8	9,0	4,9	-

Dentre as sete baleias-jubarte marcadas, seis permaneceram durante todo o período na plataforma e quatro no ambiente oceânico, sendo que três indivíduos foram registrados em ambos os ambientes (Tabela 2).

Tabela 2. Número total de mergulhos, por perfil (Square, U e V), tipo de mergulho (raso e profundo), valor máximo (Max) e média da profundidade e duração dos mergulhos das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em cada ambiente (Plataforma e Oceânico). m = metros, min = minutos, DP = desvio padrão.

Ambiente	Número de mergulhos	Número de mergulhos por perfil			Tipo de mergulho		Profundidade de mergulho (m)		Duração (min)	
		Square	U	V	Raso	Profundo	Max	Média (± DP)	Max	Média (± DP)
Plataforma	3.973	2.238	1.605	130	3.688	285	165,5	34,1 (± 29,2)	27	3,5 (± 2,8)
Oceânico	2.947	966	1818	163	2.645	302	355,5	37,6 (± 5,0)	16	3,0 (± 2,7)
TOTAL	6.920	3.204	3.423	293	6.333	587	355,5	35,6 (± 6,8)	27	3,3 (± 2,8)

Não foi identificada diferença na profundidade dos mergulhos entre os ambientes plataforma e oceânico ($U = 591$; $p = 0,4604$; $n_{\text{plataforma}} = 3.973$; $n_{\text{oceânico}} = 2.947$). A profundidade máxima registrada para cada ambiente foi de 165,5 m e 355,5 m, respectivamente (Figura 2). Quanto à duração, os mergulhos mais longos ocorreram no ambiente plataforma ($U = 492$, $p < 0,05$) (Figura 3).

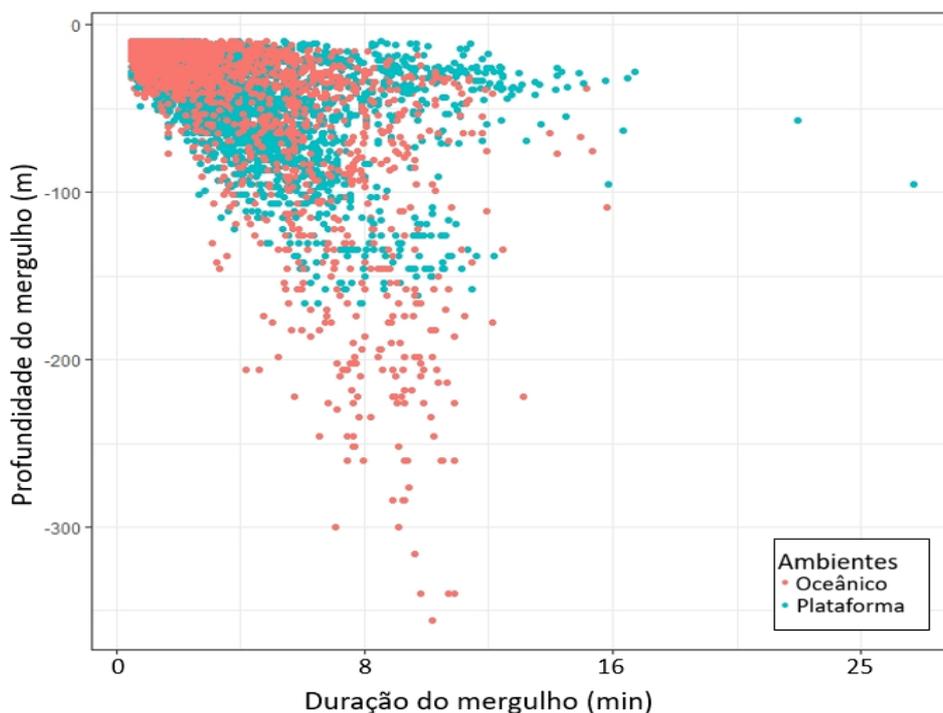


Figura 2. Profundidade (m) e duração (min) dos mergulhos das baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) em cada ambiente (oceânico e plataforma) no Atlântico Sul Ocidental. m = metros; min = minutos.

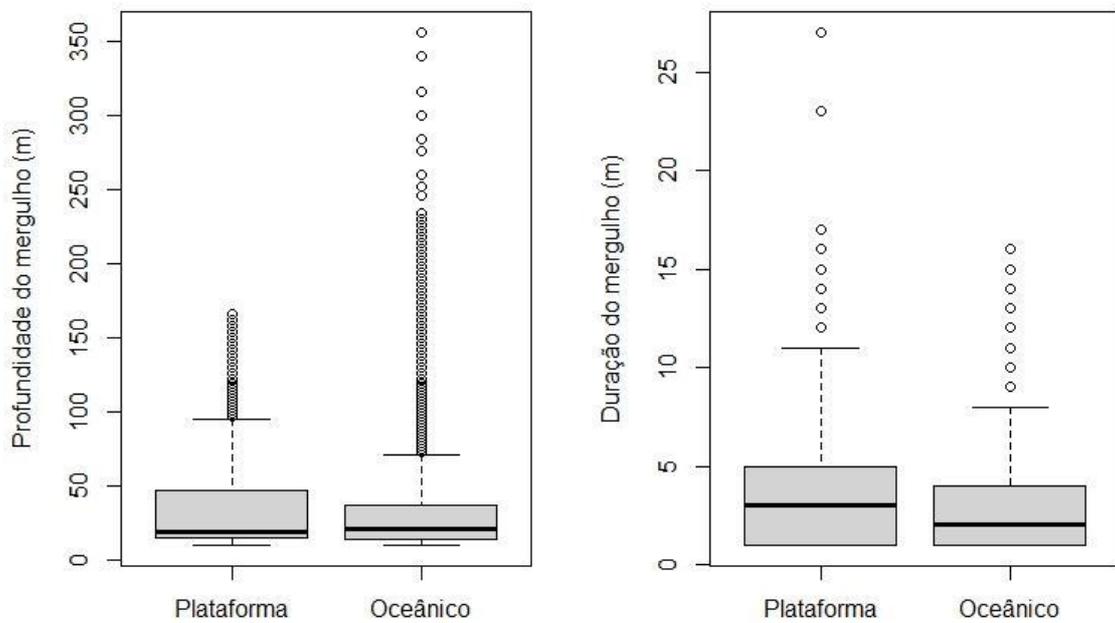


Figura 3. Boxplot da profundidade (m) e duração (min) dos mergulhos de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) nos ambientes plataforma e oceânico. A barra na horizontal representa a mediana. As linhas horizontais da caixa representam o primeiro e terceiro quartil.

No ambiente plataforma, os mergulhos variaram de 1 a 27 min (média = 4 min, DP = 2,8). O mergulho mais longo (27min, perfil = “Square”) foi realizado pelo indivíduo com o PTT 158553 em uma área próxima a Cabo Frio (23°S). No ambiente oceânico, os mergulhos variaram de 1 a 16 min (média = 3,0 min, DP = 2,7) e o mais longo (perfil = “U”), foi realizado pelo mesmo indivíduo (PTT 158553) durante a migração de retorno para as áreas de alimentação.

No ambiente plataforma, 7,2% (n = 285) dos mergulhos foram classificados como profundos. Dentre eles, 60% (n = 171) foram concentrados na região de Cabo Frio (23°S), além do mais profundo neste ambiente (165,5 m, perfil = U). No ambiente oceânico, 10,2% (n = 302) dos mergulhos foram profundos, dispersos ao longo da rota migratória. Desses, 21,9% (n = 66) atingiram profundidades ≥ 200 m, com o mais profundo (355,5 m, perfil = “U”) registrado pelo indivíduo marcado com PTT 158553 (28°S) em direção às áreas de alimentação (Figura 4).

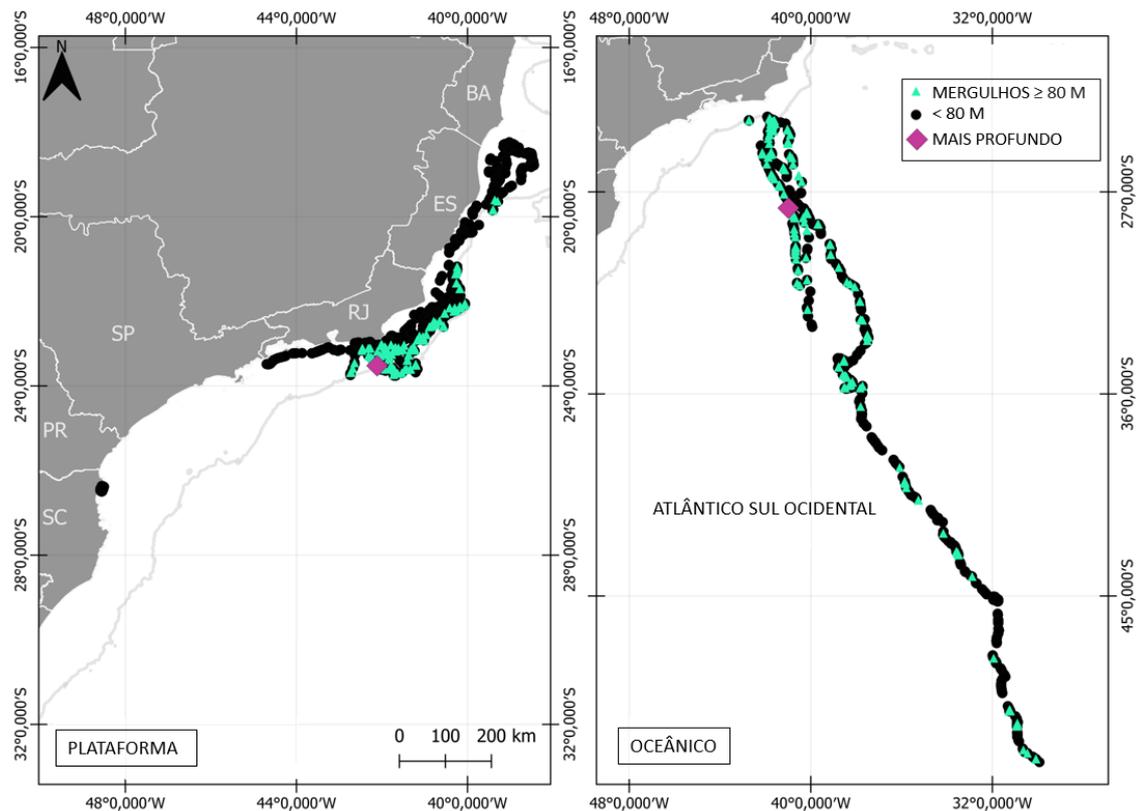


Figura 4. Posição dos mergulhos classificados como rasos (< 80m) nos pontos pretos, profundos ($\geq 80\text{m}$) nos pontos verdes e mais profundos nos pontos roxos, entre os ambientes da plataforma e oceânico registrados para sete indivíduos de baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcados na Bacia de Santos, no Atlântico Sul Ocidental. A linha tracejada (cinza) indica o limite da Bacia de Santos.

No ambiente plataforma, os mergulhos noturnos foram mais longos do que os diurnos ($U = 219$, $p < 0,05$) e não foi detectada diferença na profundidade ($U = 180$; $p = 0,292$). No ambiente oceânico, os mergulhos noturnos também foram mais longos do que os diurnos ($U = 110$; $p < 0,05$), mas os diurnos foram os mais profundos ($U = 872$; $p < 0,05$) (Figura 5).

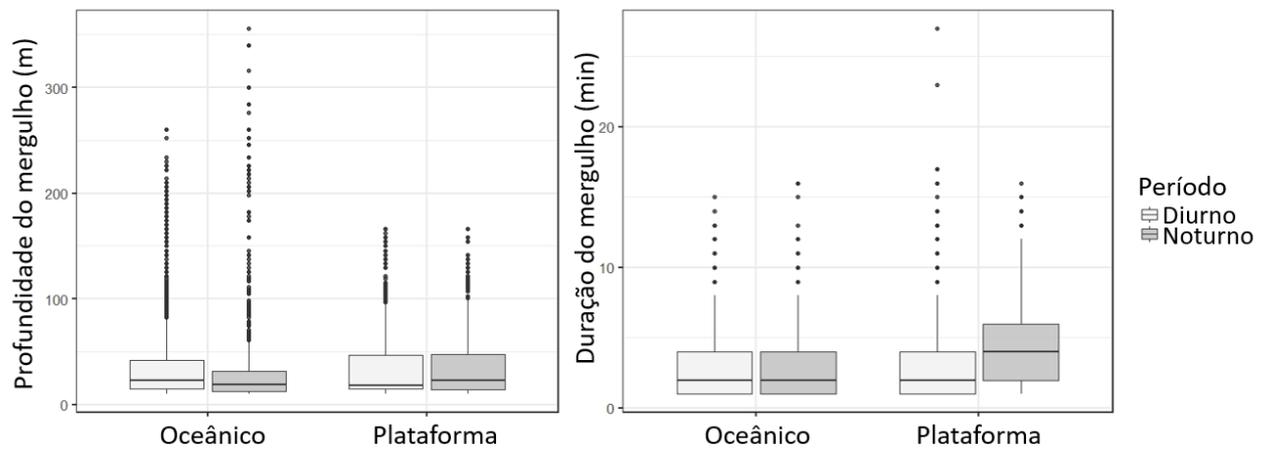


Figura 5. Boxplot da profundidade (m) e duração (min) dos mergulhos de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre os períodos (diurno e noturno) nos ambientes plataforma e oceânico. A barra na horizontal representa a mediana. As linhas horizontais da caixa representam o primeiro e terceiro quartil. As linhas tracejadas indicam o limite inferior e superior.

Quanto ao tipo de mergulho, o mesmo padrão foi observado nos ambientes plataforma e oceânico. Os mergulhos rasos foram mais frequentes no período diurno, com 66,8% e 58,7%, respectivamente. Da mesma forma para os mergulhos profundos, com 65,8% e 69,3% (Tabela 3).

Tabela 3. Profundidade (metros) e duração (minutos) médias dos tipos de mergulho (raso e profundo) e total por período de ocorrência (diurno e noturno) para sete baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcadas no litoral sudeste e sul do Brasil. Frequência (%) do tipo de mergulho por período em cada ambiente (plataforma e oceânico). DP = desvio padrão. n = número de mergulhos.

Ambiente	Tipo de mergulho	Período	Profundidade (± DP)	Duração (± DP)	n	%
Plataforma	Raso	Diurno	27,7 (± 19,2)	3,0 (± 2,2)	2.243	66,8
		Noturno	29 (± 19,4)	4,1 (± 3,0)	1.225	33,2
	Profundo	Diurno	116 (± 33,6)	7,0 (± 2,7)	202	65,8
		Noturno	113 (± 21,2)	7,4 (± 2,0)	105	34,2
	TOTAL	Diurno	34,5 (± 31,3)	3,1 (± 2,5)	2.665	66,5
		Noturno	35,7 (± 30,0)	4,3 (± 3,1)	1.330	33,4
Oceânico	Raso	Diurno	26,3 (± 16,4)	2,3 (± 2,0)	1.553	58,7
		Noturno	22,4 (± 13,1)	3,0 (± 2,5)	1.092	41,3
	Profundo	Diurno	135 (± 41,3)	7,5 (± 2,2)	194	69,3
		Noturno	186 (± 74,7)	8,0 (± 2,2)	86	30,7
	TOTAL	Diurno	38,4 (± 40)	3,0 (± 2,6)	1.747	59,9
		Noturno	34,3 (± 48,7)	3,2 (± 2,8)	1.178	40,0

No ambiente plataforma, os mergulhos mais frequentes foram do perfil “Square”, seguido do perfil “U”, sendo encontrado o oposto no ambiente oceânico ($\chi^2 = 367,5$, $p < 0,05$, $GL = 2$). Para ambos os ambientes, os mergulhos com perfil “V” foram os menos frequentes (Figura 6). As maiores médias de profundidade foram para o perfil “U” ($KW = 165,8$, $df = 2$, $p < 0,05$) e na duração para o perfil “Square” ($KW = 30.408$, $df = 2$, $p < 0,05$) no ambiente plataforma. O mesmo padrão foi encontrado no ambiente oceânico quanto a duração ($KW = 330,1$, $df = 2$, $p < 0,05$), no entanto para a profundidade não foi encontrada diferença significativa entre os perfis de mergulho ($KW = 1,90$, $df = 2$, $p = 0,386$) (Tabela 4).

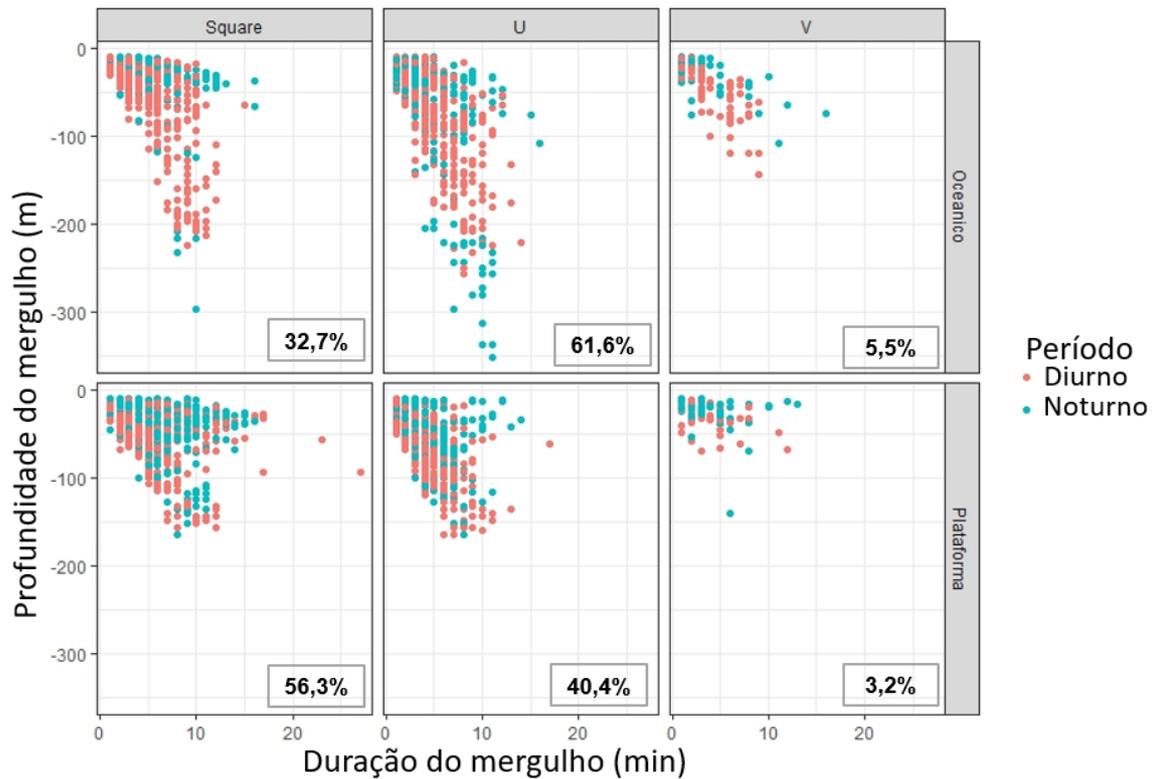


Figura 6. Duração (minutos) e profundidade (metros) do mergulho de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre os três perfis de mergulho durante o dia e a noite nos ambientes (oceânico e plataforma) no Atlântico Sul Ocidental. Frequência (%) de cada perfil de mergulho entre os períodos em cada ambiente.

No ambiente plataforma, o perfil “Square” foi mais frequente no período diurno (60,8%) e no período noturno se manteve (47,3%) em conjunto com o perfil “U” (47,5%). No ambiente oceânico, nos dois períodos o perfil “U” foi o mais frequente, com 62,5% e 60,3%, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Profundidade (metros) e duração (minutos) média dos perfis de mergulho (Shapes) por período do dia (diurno e noturno) para sete baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcadas no litoral sudeste e sul do Brasil. Frequência (%) do tipo de mergulho por perfil em cada ambiente (plataforma e oceânico). DP = desvio padrão. n = número de mergulhos.

Ambiente	Período	Perfil	Profundidade (± DP)	Duração (± DP)	n	%
Plataforma	Diurno	Square	27,4 (± 24,4)	3,2 (± 2,7)	1.609	60,8
		U	43,3 (± 32,0)	2,9 (± 2,1)	973	36,7
		V	26,5 (± 15,3)	3,1 (± 2,4)	63	2,3
	Noturno	Square	33,1 (± 29,3)	5,4 (± 3,5)	629	47,3
		U	38,8 (± 30,0)	3,4 (± 2,3)	632	47,5
		V	22,8 (± 17,8)	3,4 (± 2,7)	67	5,0
Oceânico	Diurno	Square	43,7 (± 44,0)	4,0 (± 2,9)	562	31,8
		U	37,5 (± 41,3)	2,4 (± 2,4)	1.106	62,5
		V	38,1 (± 31,5)	3,2 (± 2,5)	99	5,6
	Noturno	Square	26,8 (± 32,1)	4,0 (± 2,8)	404	34,2
		U	39,1 (± 56,1)	2,7 (± 2,7)	712	60,3
		V	26,3 (± 20,0)	3,0 (± 3,1)	64	5,4

Um padrão diferente foi encontrado com relação aos tipos de mergulho entre os ambientes. No ambiente plataforma, mergulhos rasos foram principalmente do perfil “Square” (57,5%) e os profundos do perfil “U” (60,2%). No ambiente oceânico, o perfil “U” foi o mais frequente para os dois tipos de mergulho, com 61,1% para mergulhos rasos e 65,3% para os profundos (Tabela 5).

Tabela 5. Profundidade (metros) e duração (minutos) média dos tipos de mergulho (raso e profundo) por perfil de mergulho (Shapes) para sete baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) marcadas no litoral sudeste e sul do Brasil. Frequência (%) do tipo de mergulho por perfil em cada ambiente (plataforma e oceânico). DP = desvio padrão. n = número de mergulhos. NA = Ausência de informação.

Ambiente	Tipo de mergulho	Perfil	Profundidade (± DP)	Duração (± DP)	n	%	
Plataforma	Raso	Square	24,4 (± 16,3)	3,5 (± 2,7)	2.121	57,5	
		U	34,2 (± 22,1)	3,0 (± 1,9)	1.438	38,9	
		V	23,8 (± 13,4)	3,2 (± 2,6)	129	3,5	
	Profundo	Square	117 (± 24,1)	8,2 (± 2,7)	121	39,4	
		U	114 (± 33,3)	6,4 (± 2,0)	185	60,2	
		V	142 (NA)	6,0 (NA)	1	0,3	
		Square	29,4 (± 26,9)	4,0 (± 3,1)	2.242	56,3	
		TOTAL	U	43,3 (± 34,7)	3,1 (± 2,2)	1.623	40,4
		V	24,7 (± 16,9)	3,2 (± 2,6)	130	3,2	
		Square	25,6 (± 48,7)	3,6 (± 2,6)	876	33,1	
Oceânico	Raso	U	23,9 (± 14,7)	2,0 (± 1,8)	1.617	61,1	
		V	28,1 (± 19,3)	3,0 (± 2,5)	152	5,7	
		Square	147 (± 48,7)	8,3 (± 1,9)	86	30,7	
	Profundo	U	155 (± 63,2)	7,4 (± 2,3)	183	65,3	
		V	111 (22,6)	7,3 (± 2,0)	11	3,9	
		Square	36,4 (± 40,3)	4,0 (± 2,8)	962	32,7	
		TOTAL	U	37,2 (± 46,5)	2,4 (± 2,5)	1.800	61,6
	V	33,7 (± 28,6)	3,1 (± 2,7)	163	5,5		

De interesse especial foram os dados obtidos do animal marcado junto à costa do Estado de Santa Catarina (26° S) em agosto de 2016 (PTT 158542), que permaneceu pelo menos 16 dias numa área com profundidade máxima de 15 metros. Os dados indicam que neste período realizou mergulhos que provavelmente atingiram o fundo e que tiveram duração média de 2,2 minutos (máximo = 13 min), sendo que a maior proporção foi para o perfil “Square” (81,0%), seguido do perfil “U” (15,2%) e “V” (3,7%).

3.9 DISCUSSÃO

Analizamos parâmetros relacionados com o comportamento de mergulho para sete indivíduos de baleias-jubarte utilizando transmissores satelitais em áreas dentro e fora da principal área de ocorrência conhecida ao longo da plataforma continental e oceânica do Brasil. Os dados obtidos mostram a ocorrência de mergulhos profundos na plataforma continental e região oceânica, enfatizando que estes mergulhos podem ter diferentes funções, como comportamento de alimentação ou de orientação.

Equivalente ao observado em área de reprodução na Baía de Chesapeake, Estados Unidos (ASCHETTINO *et al.*, 2020), aqui a maior parte dos mergulhos foram rasos (< 80 m) tanto no ambiente da plataforma (92,3%) como no oceânico (89,7%). O oposto foi observado para a população de baleias-jubarte que utilizam a região da Nova Caledônia, Oceania, com apenas 11,5% dos mergulhos classificados como rasos (< 80m) na área reprodutiva e no início da migração (DERVILLE *et al.*, 2020). Essa diferença pode ter relação com o relevo submarino da área daquele estudo (DERVILLE *et al.*, 2020). Devido à maior demanda energética gerada por um mergulho profundo, é esperado que em áreas de reprodução e migração os mergulhos sejam mais rasos (FRIEDLAENDER, *et al.*, 2013; BEJDER *et al.*, 2019) e os indivíduos de baleias-jubarte que frequentam a área de estudo no Atlântico Sul Ocidental apresentaram este padrão na maior parte do tempo.

Ao contrário do observado na área de reprodução na Nova Caledônia (DERVILLE *et al.*, 2020), aqui os mergulhos profundos (≥ 80 m) foram menos frequentes e foram observados quase na mesma proporção nos dois ambientes categorizados. No ambiente oceânico, os mergulhos profundos foram dispersos ao longo da rota migratória e não foram concentrados em uma determinada região. Por conta disso, sustentamos a hipótese que esses mergulhos foram efetuados como uma maneira de utilizar o ambiente para se orientar na navegação enquanto os indivíduos retornavam para as áreas de alimentação (VAN HAREN, 2015). Em contrapartida, na plataforma continental a ocorrência de mergulhos profundos foi centralizada em uma determinada área, dando a possibilidade de que os mergulhos profundos estão associados a uma alimentação oportunista em períodos de jejum para terem energia de chegar nas áreas de alimentação (HAIN *et al.*, 1995; GOLDBOGEN *et al.*, 2013; BORTOLOTTI *et al.*,

2016b; SICILIANO *et al.*, 2019), como é o caso dos registros em Cabo Frio, no Rio de Janeiro. Na Nova Caledônia, a maioria dos mergulhos profundos foram concentrados em regiões com a presença de montes submarinos (DERVILLE *et al.*, 2020). Montes submarinos são conhecidos por apresentarem alta produtividade primária e são importantes áreas de alimentação para alguns cetáceos (JOHNSTON *et al.*, 2008; PITCHER *et al.*, 2008; SKOV *et al.*, 2008), influenciando a distribuição de algumas presas (CLARK *et al.*, 2010). Outra possibilidade seria uma forma de potencializar a comunicação dos machos cantores, como marcação de território reprodutivo (HERMAN *et al.*, 2007). Ou ainda, que os mergulhos podem estar associados ao comportamento de contato com o fundo do ambiente para a retirada de parasitas e restos de pele (BELL *et al.*, 2011), visto que as baleias-jubarte carregam uma grande quantidade (CLAPHAM, 2000). No entanto, pela frequência dos mergulhos profundos em conjunto com a extensa permanência na região de Cabo Frio, apoiamos a primeira hipótese que esse comportamento pode acontecer em algumas regiões da plataforma continental da área de estudo.

Em Cabo Frio (CF), cinco indivíduos marcados de baleias-jubarte permaneceram na região por até 35 dias. Vale ressaltar que os dados podem estar subestimados pelo viés de transmissão, uma vez que as posições podem cobrir apenas uma fração dos movimentos (HAYS *et al.*, 2020) e os indivíduos que foram marcados podem ter permanecido mais tempo na região. Ainda assim, cerca de 60% dos mergulhos profundos realizados no ambiente plataforma ocorreram na região de CF, sendo 51,4% (n = 88) do perfil “U” e 47,9% (n = 82) do perfil “Square”. Nesta mesma região também foram registrados o mergulho mais profundo (165,5 m) e o mais longo (27 min) do ambiente plataforma. A região de Cabo Frio possui águas frias e ricas em nutrientes, contribuindo para a alta produtividade na região (CARBONEL, 1998). A região se destaca pela proximidade da isóbata de 100 m à costa (PAIVA, 1993) o que, associado à elevada produtividade, faz com que a região concentre muitas espécies (VALENTIN, 1984). A massa de água que ressurge em Cabo Frio é a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), na qual aumenta a disponibilidade de nutrientes na coluna d’água, principalmente na primavera e verão (MATSUURA, 1996). No verão, espécies de baleias já foram observadas em comportamento de forrageio na região, como a baleia-de-bryde (*Balaenoptera brydei*) (LODI *et al.*, 2015; MACIEL *et al.*, 2016), e a baleia-minke-anã (*B. acutorostrata*) (HASSEL *et al.*, 2003). Apesar das baleias-jubarte frequentarem a região no inverno e as águas produtivas não atingirem a superfície como

no verão, eventuais vórtices ocasionados pelas instabilidades da Corrente do Brasil, podem introduzir a ACAS entre os 50 e 100 m de profundidade (CALADO *et al.*, 2008). Pelo fato dessa massa de água ser encontrada o ano todo na plataforma (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012) e os indivíduos terem permanecido na região realizando a maioria dos mergulhos profundos do ambiente plataforma em CF, os dados sugerem que as baleias-jubarte utilizaram a região para se alimentar.

Quanto à duração, foi observado diferença na duração dos mergulhos da espécie entre os ambientes, sendo mais longos no ambiente plataforma (média = 4,0 min). A duração foi superior à registrada para a espécie na Baía de Chesapeake, Estados Unidos, onde a maioria dos mergulhos apresentaram duração inferior a 3 minutos (ASCETTINO *et al.*, 2020). Em contrapartida, mergulhos mais longos foram registrados para fêmeas sem filhotes (média = 5,5 min) e machos (média = 6,3 min) em área de reprodução e início de migração na Nova Caledônia (DERVILLE *et al.*, 2020). Apesar das baleias-jubarte realizarem mergulhos mais longos em áreas mais profundas (KAVANAGH *et al.*, 2017), o contrário foi registrado neste trabalho, com mergulhos mais curtos na área oceânica (média = 3 min). No entanto, devido a grande diferença na amostragem nos estudos, existe a possibilidade das diferentes populações seguirem a mesma tendência para este parâmetro, mesmo que as médias sejam diferentes. Apesar disso, os mergulhos serem mais longos na plataforma podem ser pelas possíveis atividades de alimentação em Cabo Frio.

Em relação aos perfis de mergulho, a maior proporção dos mergulhos foi para o perfil “Square” e perfil “U”, sendo mais frequentes no ambiente oceânico (61,6%) e ambiente plataforma (40,4%), respectivamente. Esses perfis já foram descritos como mergulhos de forrageio para outras espécies de cetáceos (MARTIN *et al.*, 1998; SIMON *et al.*, 2009; NICHOL *et al.*, 2018). Em áreas de reprodução, baleias-jubarte foram registradas em atividades de forrageio realizando principalmente o perfil “U”, sendo este o mais profundo dentre os mergulhos (DERVILLE *et al.*, 2020). Em áreas de alimentação, o perfil “U” também é associado a mergulhos de alimentação para outras espécies de baleias, como baleias-sei, *Balaenoptera borealis* (ISHII *et al.*, 2017) e baleias-da-Groelândia, *Balaena mysticetus* (HEIDE-JØRGENSEN *et al.*, 2013). Já o perfil “V”, também pode estar relacionado com procura de alimento (exploratório) e orientação durante a migração (GOLDBOGEN *et al.*, 2013; HEIDE-JØRGENSEN *et al.*, 2013; ISHII *et al.*, 2017). Sendo assim, pela maioria dos mergulhos serem dos perfis

“Square” e “U”, sugerimos que as baleias-jubarte estavam se alimentando, tendo como preferência algumas regiões costeiras da plataforma continental.

Quanto à influência da luz do dia (períodos diurno e noturno) na profundidade e duração dos mergulhos, um padrão semelhante foi observado nos dois ambientes. A maior ocorrência foi no período diurno, no entanto foram mais longos no período noturno, sendo estes principalmente profundos ($\geq 80\text{m}$). Em áreas reprodutivas da Oceania, a maior parte dos mergulhos rasos ($< 80\text{m}$) ocorreu no período noturno (DERVILLE *et al.*, 2020). O mesmo padrão foi registrado para a espécie em áreas de alimentação na Península Antártica, com a ocorrência de 57,7% dos mergulhos rasos ($< 50\text{m}$) durante a noite (FRIEDLAENDER, *et al.*, 2013). Baleias-fin (*Balaenoptera physalus*) no sul da Califórnia também passam a maior parte do tempo a noite (57%) realizando mergulhos rasos ($< 20\text{m}$) e curtos (KEEN *et al.*, 2019). Uma hipótese para este padrão foi proposta por SCHOLANDER & SCHEVILL (1955), que sugere que os indivíduos possam estar realizando a termorregulação por conta do excesso de calor nas áreas de reprodução, associado a pele escura da região dorsal, desta forma, estariam amenizando o calor com uma maior frequência de mergulhos no período diurno, sendo eles rasos ($< 80\text{ m}$) ou profundos ($\geq 80\text{ m}$). Neste estudo, pelo número de mergulhos ter sido inferior no período noturno, é plausível sugerir que os indivíduos ficaram mais tempo na subsuperfície neste período ($< 10\text{ m}$). Esse comportamento, de manter-se na subsuperfície já é conhecido em outras áreas e é um dos motivos para que esta espécie seja uma das mais expostas a colisões com embarcações e interações com artefatos de pesca comercial (BAIRD *et al.*, 2000; ASCHETTINO *et al.*, 2020), o que indicaria que estariam mais vulneráveis a essas ameaças durante à noite na região estudada. Durante a migração em direção às áreas de reprodução no sudeste do Brasil, um grupo de baleias-jubarte foi acompanhado no período da noite navegando pela superfície por pelo menos 1 hora (MARICATO *et al.*, 2022). O trabalho ressalta a importância de compreender o comportamento noturno da espécie, para que medidas de conservação sejam efetuadas para reduzir as ameaças descritas acima. No entanto, para confirmar tal comportamento em nossa área de estudo, um número maior de marcações de indivíduos com longa transmissão dos dados deverá ser efetuados.

Um dos indivíduos, marcado no litoral de Santa Catarina (PTT 158542), realizou mergulhos que ocuparam toda a coluna d'água e a maioria foi do perfil “Square” (81%). Além da observação direta feita em campo, da ressuspensão de sedimentos, a ocorrência de mergulhos longos em uma área rasa (15 m) sugere a ocorrência de comportamento de

alimentação na região (GOLDBOGEN *et al.*, 2008; 2013). Apesar de não ser comum as baleias se alimentarem em baixas latitudes (LOCKYER; BROWN, 1981), comportamentos de forrageio já foram registrados para as baleias-jubarte no Brasil (ALVES *et al.*, 2009; DANILEWICZ *et al.*, 2009; BORTOLOTTI *et al.*, 2016b). Pelo fato do indivíduo permanecer por 18 dias em uma região costeira totalmente fora da distribuição regular conhecida, além de ser um subadulto, uma hipótese seria de que possivelmente não obteve reserva energética suficiente para chegar até a área de reprodução e ficou realizando atividades de forrageio na região. Outros indivíduos juvenis da espécie também foram observados nas redondezas desta região, além de inúmeras embarcações de pesca de arrasto para captura de camarão (M.J. Cremer & L.L. Wedekin, observação pessoal). Outra possibilidade seria de que o indivíduo iniciou a migração mais costeira sentido as áreas de alimentação para ir se alimentando em determinadas regiões (BORTOLOTTI *et al.*, 2016b). No entanto, o registro foi no pico de abundância da espécie no país (agosto), este indivíduo permaneceu por quase 15 dias na mesma região e seria presumivelmente cedo para o retorno para as altas latitudes e por conta disso, é mais provável a primeira hipótese. Uma sugestão é que as baleias-jubarte que não completam a migração para a principal área de reprodução, podem permanecer em áreas mais costeiras realizando atividades de forrageio, como é o caso de algumas regiões costeiras no sul da Bacia de Santos.

Os dados de mergulho apresentados neste trabalho reforçam a hipótese de que a população de baleias-jubarte que frequenta o litoral brasileiro pode estar utilizando algumas regiões da plataforma continental para se alimentar e suplementar de recursos durante os períodos de jejum, como é o caso dos registros de mergulhos profundos e concentrados em Cabo Frio e permanência no norte de Santa Catarina. Quanto à região oceânica, os mergulhos mais profundos possivelmente foram de orientação para seguir na rota migratória pelo fato de não ter sido observado uma concentração em um determinado local. No entanto, não é possível afirmar que um novo padrão de uso de habitat vem sendo realizado com frequência nesta região devido ao reduzido número de indivíduos marcados. Um maior número de baleias marcadas durante mais temporadas reprodutivas poderia contribuir para tal padrão. Apesar disso, são os primeiros dados de mergulho da espécie na região ao sul da principal área de distribuição conhecida.

3.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este é o primeiro trabalho a trazer informações sobre o comportamento de mergulho de baleias-jubarte na região da plataforma continental e oceânica ao sul de Cabo Frio, no Atlântico Sul Ocidental. Não foram identificados padrões distintos entre os ambientes plataforma e oceânico com relação a profundidade de mergulho, mas em relação à duração os dados indicam que os mergulhos foram mais longos no ambiente plataforma. Da mesma forma, não foram registrados padrões distintos entre o período diurno e noturno para os dois ambientes. Nos dois ambientes foi contabilizada uma quantidade menor de mergulhos no período noturno e pode ser que os animais se mantiveram mais próximos à superfície (< 10 m) e por isso, sejam mais vulneráveis neste período. Os dados corroboram a hipótese que as baleias-jubarte utilizam parte do litoral sudeste e sul do Brasil, principalmente a região de Cabo Frio - RJ, para alimentação, devido à extensa permanência durante a temporada reprodutiva na área (mais de 30 dias) e a grande concentração de mergulhos profundos nesta região. Os mergulhos profundos registrados no ambiente oceânico poderiam também estar associados a um comportamento oportunista de forrageio, mas também como uma estratégia de orientação durante a rota migratória. Para afirmar a ocorrência de alimentação das baleias-jubarte em baixas latitudes, de uma forma pouco oportunista, a marcação de um número maior de indivíduos permitiria a elaboração de modelos e análises estatísticas mais aprofundadas, como a inclusão de variáveis oceanográficas, como a clorofila, temperatura e produtividade primária. Além disso, a inclusão de dados coletados por meio de transmissores com sensores cinemáticos (Cats e DTAGs), poderiam identificar movimentos típicos de alimentação, como mergulhos associados à mudanças repentinas de aceleração e orientação do corpo. Deste modo, esses dados ajudam a preencher uma lacuna de informações de como as baleias-jubarte utilizam a região mais ao sul de sua principal área de reprodução. A partir da determinação de áreas que são utilizadas com maior frequência e de forrageio mais intenso, pode-se determinar áreas prioritárias para esforços de conservação e manejo, além de direcionar próximas pesquisas envolvendo a ecologia da espécie.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. L. S.; BELÉM, A. L.; PORTILHO-RAMOS, R. C.; MENDONZA, U.; BARBOSA, C. F. Projeto ressurgência: processos geoquímicos e oceanográficos no limite entre as bacias de Campos e Santos. *Boletim de Geociências Petrobras*, v. 20, n. 1-2, p. 193-210, 2012.

ALLEN, A. M.; SINGH, N. J. Linking movement ecology with wildlife management and conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 3, n. JAN, p. 1–13, 2016.

ALVES, L. C. P.; ANDRIOLO, A.; ZERBINI, A. N.; PIZZORNO, J. L. A.; CLAPHAM, P. J. Record of feeding by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in tropical waters off Brazil. *Marine Mammal Science*, v. 25, n. 2, p. 416-419, 2009.

ANDRIOLO, A.; MARTINS, C. C. A., ENGEL, M. H.; PIZZORNO, J. L.; MÁS-ROSA S.; FREITAS, A. C.; MORETE, M. E.; KINAS, P. G. The first aerial survey to estimate abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the breeding ground off Brazil (Breeding Stock A). *Journal of Cetacean Research and Management*, v. 8, n. 3, p. 307–311, 2006.

ANDRIOLO, A.; KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; MARTINS, C. C. A., RUFINO, A. M. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: Distribution and population size estimate. *Endangered Species Research*, v. 11, n. 3, p. 233–243, 2010.

ANDRIOLO, A.; ZERBINI, A. N.; MOREIRA, S.; PIZZORNO, J. L.; DANILEWICZ, D.; MAIA, Y. G.; MAMADE, N.; CASTRO, F. R.; CLAPHAM, P. What do humpback whales *Megaptera novaeangliae* (Cetartiodactyla: Balaenopteridae) pairs do after tagging?. *Zoologia (Curitiba)*, v. 31, p. 105-113, 2014.

BAIRD, R. W.; LIGON, A. D.; HOOKER, S. K. Sub-surface and night-time behavior of humpback whales off Maui, Hawaii: a preliminary report. Report prepared under Contract # 40ABNC050729 from the Hawaiian Islands Humpback Whale National Marine Sanctuary, Kihei, HI, to the Hawaii Wildlife Fund, Paia, HI, p. 1–19, 2000.

BAMFORD, C. C. G.; JACKSON, J. A.; KENNEDY, A. K.; TRATHAN, P. N.; STANILAND, I. J., ANDRIOLO, A.; BREDIÑANA-ROMANO, L.; CARROL, E.L.; MARTIN, S.; ZERBINI, A. N. Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) distribution and movements in the vicinity of South Georgia and the South Sandwich Islands Marine Protected Area. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, v. 198, p. 105074, 2022.

BEDRIÑANA-ROMANO, L.; ZERBINI, A. N.; ANDRIOLO, A.; DANILEWICZ, D.; SUCUNZA, F. Individual and joint estimation of humpback whale migratory patterns and their environmental drivers in the Southwest Atlantic Ocean. Scientific reports, v. 12, n. 1, p. 1-16, 2022.

BEJDER, L.; VIDESEN, S.; HERMANNSEN, L.; SIMON, M.; HANF, D.; MADSEN, P.T. Low energy expenditure and resting behaviour of humpback whale mother-calf pairs highlights conservation importance of sheltered breeding areas. Scientific Reports, v. 9, n. 1, p. 1–11, 2019.

BELL, R. J.; MAYER, L.; KONNARIS, K.; BELL, K. L. C.; BALLARD, R. Potential marine mammal-induced seafloor scours on Eratosthenes Seamount. Oceanography, v. 24, n. 1, p. 31-31, 2011.

BEZAMAT, C.; WEDEKIN, L. L.; SIMÕES-LOPES, P. C. Potential ship strikes and density of humpback whales in the Abrolhos Bank breeding ground, Brazil. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 25, n. 5, p. 573–586, 2014.

BORTOLOTTI, G. A.; DANILEWICZ, D.; ANDRIOLO, A.; SECCHI, E. R.; ZERBINI, A. N. Whale, whale, everywhere: increasing abundance of western South Atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in their wintering grounds. PLoS One, v. 11, n. 10, 2016a.

BORTOLOTTI, G. A., KOLESNIKOVAS, C. K. M.; FREIRE, A. S.; SIMÕES-LOPES, P. C. Young humpback whale *Megaptera novaeangliae* feeding in Santa Catarina coastal waters, Southern Brazil, and a ship strike report. Marine

Biodiversity Records, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2016b.

BORTOLOTTO, G. A.; DANILEWICZ, D.; HAMMOND, P. S.; THOMAS, L.; ZERBINI, A. N. Whale distribution in a breeding area: spatial models of habitat use and abundance of western South Atlantic humpback whales. *Marine Ecology Progress Series*, v. 585, p. 213-227, 2017.

CAGNACCI, F.; BOITANI, L.; POWELL, R. A.; BOYCE, M. S. Animal ecology meets GPS-based radiotelemetry: A perfect storm of opportunities and challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 365, n. 1550, p. 2157–2162, 2010.

CALAMBOKIDIS, J.; FAHLBUSCH, J. A.; SZESCIORKA, A. R.; SOUTHALLI, B. L.; CADE, D. E.; FRIEDLAENDER, A. S.; GOLDBOGEN, J. A. Differential vulnerability to ship strikes between day and night for blue, fin, and humpback whales based on dive and movement data from medium duration archival tags. *Frontiers in Marine Science*, p. 543, 2019.

CAMPOS, E.J.D.; MILLER, J.L.; MULLER, T.J.; PETERSON, R.G. Physical oceanography of the Southwest Atlantic Ocean. *Oceanography*, v. 8, p. 87–91, 1995.

CARBONEL, C. Modelling of upwelling in the coastal area of Cabo Frio (Rio de Janeiro-Brazil). *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 46, n. 1, p. 01-17, 1998.

CHITTLEBOROUGH, R. *Megaptera nodosa* (Bonaterre). *Marine and Freshwater Research*, v. 9, n. 1, p. 1, 1958.

CLAPHAM, P. J.; MEAD, J. G. *Megaptera novaeangliae*. *Mammalian Species*, v. 604, p. 1-9, 1999.

CLAPHAM, P. J. The humpback whale. *Cetacean Societies, field studies of dolphins and whales*. Chicago: The University of Chicago, p. 173-196, 2000.

CLAPHAM P. J.; MANN J.; CONNOR R. C.; TYACK P. T.; WHITEHEAD H. The

humpback whale: seasonal feeding and breeding in baleen whales, *Cetacean Societies: Field studies of Dolphins and Whales*, University of Chicago Press, v. 7, p. 173-198, 2000.

CLAPHAM, P. J.; AGUILAR, A.; HATCH, L. T. Determining spatial and temporal scales for management: Lessons from whaling. *Marine Mammal Science*, v. 24, n. 1, p. 183–201, 2008.

CLARK M.R.; ROWDEN A.A.; SCHLACHER T.; WILLIAMS A.; CONSALVEY M.; STOCKS K.I.; ROGERS A.D.; O’HARA T.D.; WHITE M.; SHANK T.M.; HALL-SPENCER J.M. The ecology of seamounts: Structure, function, and human impacts. *Annual Review of Marine Science*, v. 2, p. 253-278, 2010.

COOKE, J. G. *Megaptera novaeangliae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T13006A50362794. 2018.

CURTICE, C., JOHNSTON, D. W., DUCKLOW, H., GALES, N., HALPIN, P. N., Friedlaender, A. S. Modeling the spatial and temporal dynamics of foraging movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Western Antarctic Peninsula. *Movement ecology*, v.3, n. 1, p.1-9, 2015.

DANILEWICZ, D.; TAVARES, M.; MORENO, I. B.; OTT, P. H.; TRIGO, C. C. Evidence of feeding by the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in mid-latitude waters of the western South Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, v. 2, 2009.

DERVILLE, S.; TORRES, L. G.; ZERBINI, A. N.; OREMUS, M.; GARRIGUE C. Horizontal and vertical movements of humpback whales inform the use of critical pelagic habitats in the western South Pacific. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1–13, 2020.

EDWARDS, M., ATKINSON, A., BRESNAN, E., HELAOUET, P., MCQUATTERS-GOLLUP, A., OSTLE, C., & WIDDICOMBE, C. Plankton, jellyfish and climate in the North-East Atlantic. *MCCIP Sci. Rev*, p. 322-353, 2020.

FRIEDLAENDER, A.S., TYSON, R.B., STIMPERT, A.K., READ, A.J., NOWACEK, D.P. Extreme diel variation in the feeding behavior of humpback whales along the western Antarctic Peninsula during autumn. *Mar Ecol Prog Ser* v. 494, p. 281-289, 2013.

GAMBELL, R. International management of whales and whaling: an historical review of the regulation of commercial and aboriginal subsistence whaling." *Arctic*, p. 97-107, 1993.

GILSON, A.; SYVANEN, M. Deer gender determination by polymerase chain reaction: validation study and application to tissues, bloodstains and hair forensic samples from California. *Calif. Fish Game*, v. 84, p. 59–69, 1998.

GOLDBOGEN, J. A.; CALAMBOKIDIS, J.; CROLL, D. A.; HARVEY, J. T.; NEWTON, K. M.; OLESON, E. M.; SCHORR, G.; SHADWICK, R. E. Foraging behavior of humpback whales: kinematic and respiratory patterns suggest a high cost for a lunge. *Journal of Experimental Biology*, v. 211, n. 23, p. 3712-3719, 2008.

GOLDBOGEN, JEREMY A.; FRIEDLAENDER, A. S.; CALAMBOKIDIS, J.; MCKENNA, M. F.; SIMON, M.; NOWACEK, D. P. Integrative Approaches to the Study of Baleen Whale Diving Behavior, Feeding Performance, and Foraging Ecology. *BioScience*, v. 63, n.2, p. 90–100, 2013.

HAIN, J. H. W.; ELLIS, S. L.; KENNY, R. D.; CLAPHAM, P. J.; GRAY, B. K.; WEINRICH, M. T. Apparent bottom feeding by humpback whales on Stellwagen Bank. *Marine Mammal Science*, v. 11, p. 464-479, 1995.

HASSEL, L. B., VENTUROTTI, A., MAGALHÃES, F. A., CUENCA, S., SICILIANO, S., MARQUES, F. F. Summer sightings of dwarf minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) off the eastern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, p. 47-50, 2003.

HAYS, G. C.; RATTRAY, A.; ESTEBAN, N. Addressing tagging location bias to assess space use by marine animals. *Journal of Applied Ecology*, v. 57, n. 10, p. 1981-1987,

2020.

HAZEN, E. L.; FRIEDLAENDER, A. S.; THOMPSON, M. A.; WARE, C. R.; WEINRICH, M. T.; HALPIN, P. N.; WILEY, D. N. Fine-scale prey aggregations and foraging ecology of humpback whales *Megaptera novaeangliae*. Marine Ecology Progress Series, 395, 75-89, 2009.

HEIDE-JØRGENSEN, M. P., KLEIVANE, L., OIEN, N., LAIDRE, K. L.; JENSEN, M. V. A new technique for deploying satellite transmitters on baleen whales: Tracking a blue whale (*Balaenoptera musculus*) in the North Atlantic. Mar. Mammal Science, v. 17, p. 949–954, 2001.

HEIDE-JØRGENSEN, M. P.; LAIDRE, K. L.; NIELSEN, N. H.; HANSEN, R. G.; ROSTAD, A. Winter and spring diving behavior of bowhead whales relative to prey. Animal Biotelemetry, v. 1, n. 1, 2013.

HERMAN, E. Y.; HERMAN, L. M.; PACK, A. A.; MARSHALL, G.; SHEPARD, C. M. When whales collide: Crittercam offers insight into the competitive behavior of humpback whales on their Hawaiian wintering grounds, CiteSeerX, 2007.

International Whaling Commission (IWC). Report of the subcommittee on other Southern Hemisphere whale stocks. Journal of Cetacean Research and Management, v. 7, p. 235-253, 2005.

ISHII, M.; MURASE, H.; FUKUDA, Y.; SAWADA, K.; SASAKURA, T.; TAMURA, T.; BANDO, T.; MATSUOKA, K.; SHINOHARA, A.; NAKATSUKA, S.; KATSUMATA, N.; OKAZAKI, M.; MIYASHITA, K.; MITANI, Y. Diving behavior of sei whales *Balaenoptera borealis* relative to the vertical distribution of their potential prey. Mammal study, v. 42, n. 4, p. 1-9, 2017.

JENSEN, A. S.; SILBER, G. K.; CALAMBOKIDIS, J. Large whale ship strike database. 2004.

JONSEN, I. Joint estimation over multiple individuals improves behavioral state inference from animal movement data. *Scientific Reports*, v. 6, p. 20625, 2016.

JOHNSTON, D. W.; MCDONALD, M.; POLOVINA, J.; DOMOKOS, R.; WIGGINS, S.; HILDEBRAND, J. Temporal patterns in the acoustic signals of beaked whales at Cross Seamount. *Biology Letters*, v. 4, n. 2, p. 208-211, 2008.

JOHNSON, D., LONDON, J., LEA, M. A., DURBAN, J. Continuous-time correlated random walk model for animal telemetry data. *Ecology*, v. 89, p. 1208–1215, 2008.

KAVANAGH, A. S., NOAD, M. J., BLOMBERG, S. P., GOLDIZEN, A. W., KNIEST, E., CATO, D. H., DUNPLO, R. A. Factors driving the variability in diving and movement behavior of migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): implications for anthropogenic disturbance studies. *Marine mammal science*, v. 33, n. 2, p. 413-439, 2017.

KEEN, E. M., FALCONE, E. A., ANDRWS, R. D., & SCHORR, G. S. Diel Dive Behavior of Fin Whales (*Balaenoptera physalus*) in the Southern California Bight. *Aquatic Mammals*, v. 45, n. 2, 2019.

LOCKYER, C. H.; BROWN, S. G. The migration of whales. In: *Animal migration*. New York, NY: Cambridge University Press, p. 105-137, 1981.

MARICATO, G.; PIRES, A. L.; TARDIN, R. H.; MOREIRA, S.C.; ALVES, M. A. S.; MACIEL, I. S. Traveling at Night: The First Record of Humpback Whales' (*Megaptera novaeangliae*) Wake Riding During the Nighttime. *Aquatic Mammals*, v. 48, n. 6, 2022.

MARTIN, A. R.; SMITH, T. G.; COX, O. P. Dive form and function in belugas *Delphinapterus leucas* of the eastern Canadian High Arctic. *Polar Biology*, v. 20, n. 3, p. 218-228, 1998.

MARTINS, C. C. A.; MORETE, M. E.; COITINHO, M. H. E.; FREITAS, A. C.; SECCHI, E. R.; KINAS, P. G. Aspects of habitat use patterns of humpback whales in

the Abrolhos Bank, Brazil, breeding ground. *Memoirs of the Queensland Museum*, v. 47, n. 2, p. 563-570, 2001.

MORETE, M. E.; BISI, T. L.; PACE, R. M.; ROSSO, S. Fluctuating abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in a calving ground off coastal Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 88, n. 6, p. 1229-1235, 2008.

MATSUURA, Y. A probable cause of recruitment failure of Brazilian Sardine (*Sardinella aurita*) population during the 1974/75 spawning season, *S. Afr. J. Mar. Sci.*, v. 17, p.29–35, 1996.

MOREIRA, J. L. P.; MADEIRA, C. V.; Gil, J. A.; MACHADO, M. A. P. Bacia de Santos. *Boletim de Geociencias da PETROBRAS*, v. 15, n. 2, p. 531-549, 2007.

NICHOL, L. M.; ABERNETHY, R. M.; WRIGHT, B.M.; HEASLIP, S.; SPAVEN, L. D.; TOWERS, J.R.; PILKINGTON, J.F.; STREDULINSKY, E.H.; FORD, J. K. B. Distribution, movements and habitat fidelity patterns of Fin Whales (*Balaenoptera physalus*) in Canadian Pacific Waters. Fisheries and Oceans Canada, Canadian Science Advisory Secretariat, 2018.

PACK, A. A.; WATERMAN, J O.; CRAIG, A. S. Diurnal increases in depths of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) mother-calf pods off West Maui, Hawai'i: A response to vessels? *Marine Mammal Science*, 2022.

PAIVA, A. M. Estudo das variações do nível médio do mar em Arraial do Cabo (RJ). *Relatório FAPERJ*. E-11/150.766/92, 1993.

PAVANATO, H. J.; MAYER, F. P.; WEDEKIN, L. L.; ENGEL, M. H.; KINAS, P. G. Prediction of humpback whale group densities along the Brazilian coast using spatial autoregressive models. *Marine Mammal Science*, n. 34, v. 3, p. 734-754, 2018.

PITCHER, T. J., MORATO, T., HART, P. J., CLARK, M. R., HAGGAN, N., SANTOS, R. S. *Seamounts: ecology, fisheries and conservation*. John Wiley & Sons, 2008.

PRETTO, D. J.; ANDRADE, M. C. M.; OLIVEIRA, J. M.; OLIVEIRA, M. G. A. First record of a humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), stranding in Pará State, Northern coast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 4, p. 1207–1208, 2009.

QGIS. QGIS geographic information system. Open source Geospatial Foundation project. Available at: <http://qgis.org> [Accessed 04 November 2021], 2019.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RONCON, G.; BESTLEY, S.; MCMAHON, C. R.; WIENECKE, B.; HINDELL, M. A. View from below: inferring behavior and physiology of Southern Ocean marine predators from dive telemetry. *Frontiers in Marine Science*, v. 5, p. 464, 2018.

ROSSI-SANTOS, M. R.; NETO, E. S.; BARACHO, C. G.; CIPOLOTTI, S. R.; MARCOVALDI, E.; ENGEL, M. H. Occurrence and distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of the State of Bahia, Brazil, 2000–2006. *ICES Journal of Marine Science*, v. 65, n. 4, p. 667-673, 2008.

SICILIANO, S., SANTOS, M. C. O., VICENTE, A. F., ALVARENGA, F. S., ZAMPIROLI, É., BRITO, J. L., AZEVEDO, A., PIZZORNO, J. L. A. Strandings and feeding records of Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 84, n. 4, p. 857-859, 2004.

SILVA, E. S. C. Diving behavior of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) throughout their migratory cycle in the Western South Atlantic Ocean. *Dissertação de mestrado - Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza*, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2021.

SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S.; IKEDA, Y. A

corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 48, n. 2, p. 171-183, 2000.

CALADO, L.; GANGOPADHYAY, A.; DA SILVEIRA Silveira, I. C. A. Feature-oriented regional modeling and simulations (FORMS) for the western South Atlantic: Southeastern Brazil region. *Ocean Modelling*, v. 25, n. 1-2, p. 48-64, 2008.

SIMON, M.; JOHSON, M.; TYACK, P.; MADSEN, P. T. Behaviour and kinematics of continuous ram filtration in bowhead whales (*Balaena mysticetus*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 276, n. 1674, p. 3819-3828, 2009.

SKOV H.; GUNNLAUGSSON T.; BUDGELL WP.; HORNE J.; NØTTESTAD L.; OLSEN E.; SØILAND H.; VÍKINGSSON G.; WARING G. Small-scale spatial variability of sperm and sei whales in relation to oceanographic and topographic features along the Mid-Atlantic Ridge. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr*, v. 55, n. 1-2, p. 254-268, 2008.

STERN, S. J., & FRIEDLAENDER, A. S. Migration and movement. In *Encyclopedia of marine mammals*, p. 602-606. Academic Press, 2018.

STEVICK, P. T.; MCCONNELL, B. J.; HAMMOND, P. S. Patterns of movement. *Marine mammal biology: An evolutionary approach*, p. 185-216, 2002.

TYSON, R. B.; FRIEDLAENDER, A. S.; WARE, C.; STIMPERT, A. K.; NOWACEK, D. P. Synchronous mother and calf foraging behaviour in humpback whales *Megaptera novaeangliae*: Insights from multi-sensor suction cup tags. *Marine Ecology Progress Series*, v. 457, p. 209–220, 2012.

VALENTIN, J. L. Analyse des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). *Marine Biology*, v. 82, n. 3, p. 259-276, 1984.

VAN HAREN, Hans. Humpback whale migration affected by internal wave surfing and mixing. *Response to Garrigue al*, v. 2015, p. 1-4, 2015.

VIDESEN, S. K. A.; BEJDER, L.; JOHSON, M.; MADSEN, P. T. High suckling rates and acoustic crypsis of humpback whale neonates maximise potential for mother–calf energy transfer. *Functional Ecology*, v. 31, n. 8, p. 1561–1573, 2017.

WEDEKIN, L. L.; ENGEL, M. H.; ANDRIOLO, A.; PRADO, P. I.; ZERBINI, A. N., MARCONDES, M. M. C.; KINAS, P. G.; SIMÕES-LOPES, P. C. Running fast in the slow lane: rapid population growth of humpback whales after exploitation. *Marine Ecology Progress Series*, 575, 195-206, 2017.

Wildlife Computers. Wildlife Computers Data Analysis Programs. Available: <https://static.wildlifecomputers.com/SPLASH10-TDR10-User-Guide-3.pdf>.

WITTEVEEN, B.H.; WORTHY, G.A.J.; WYNNE, K.M.; HIRONS, A.C.; ANDREWS, A.G.; MARKEL, R.W. Trophic levels of north pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) through analysis of stable isotopes: implications on prey and resource quality. *Aquatic Mammals*, n. 37, v. 2, p. 101-110, 2011.

WOODWARD, B. L.; WINN, J.P.; FISH, F. E. Morphological Specializations of Baleen Whales Associated With Hydrodynamic Performance and Ecological Niche. *Journal of Morphology*, v. 1294, n. October, p. 1042–1154, 2006.

YABLOKOV, A. V.; ZEMSKY, V. A.; MIKHALEY, Y. A.; TORMOSOV, V. V.; BERZIN, A. A. Data on Soviet whaling in the Antarctic in 1947-1972 (population aspects). *Russian Journal of Ecology*, v. 29, n. 1, p. 38-42, 1998.

ZERBINI, A. N.; BAUMGARTNER, M. F.; KENNEDY, A. S.; RONE, B. K.; WADE, P. R.; CLAPHAM, P.J. Space use patterns of the endangered North Pacific right whale *Eubalaena japonica* in the Bering Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* v.532, p. 269–281, 2015.

ZERBINI, A.N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JORGENSEN, M.P.; PIZZORNO, J.L.; MAIA, Y.G.; VANBLARICOM, G.R.; DEMASTER, D.P.; SIMÕES-LOPES, P.C.; MOREIRA, S.; BETHLEM, C. Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, v. 313, p. 295–304, 2006.

4 CAPÍTULO II

ESTIMATIVA DE ABUNDÂNCIA DE BALEIAS-JUBARTE NA BACIA DE SANTOS, ATLÂNTICO SUL OCIDENTAL

4.1 RESUMO

Nos últimos anos, a população de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) que utiliza as águas brasileiras para se reproduzir vem crescendo no Atlântico Sul Ocidental. Áreas que eram frequentadas antes do período de caça comercial estão sendo reocupadas novamente pela espécie, como é o caso de algumas regiões na Bacia de Santos (23° S; 27° S). Este trabalho teve como objetivo estimar a densidade e abundância de baleias-jubarte e analisar a sua variação ao longo de cinco anos na Bacia de Santos, assim como avaliar a ocorrência de áreas de concentração para dimensionar a importância da região para a espécie. Foram utilizados os dados de cinco campanhas de Avistagem Embarcada do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS), que abrangeram tanto águas costeiras quanto oceânicas. Transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*) foram efetuadas principalmente no período de maior ocorrência da espécie no litoral brasileiro (agosto e setembro) entre 2016-2020. A abundância estimada aumentou ao longo dos anos, de 464 indivíduos (CV = 52,6) em 2016 para 5.859 (CV = 32,8) em 2020 e a densidade variou de 0,01 a 0,21 indivíduos por km². Houve um aumento na área de distribuição ao longo dos anos e os indivíduos se concentraram principalmente na região de Cabo Frio, no Rio de Janeiro e Ilhabela, em São Paulo. Este trabalho complementa as estimativas de abundância já existentes para o Brasil e destaca a Bacia de Santos como uma importante área para as baleias-jubarte que podem utilizar a região para outras atividades além de migração.

Palavras-chave: *Megaptera novaeangliae*; Aumento populacional; Brasil.

4.2 CHAPTER II

ESTIMATED ABUNDANCE OF HUMPBACK WHALES IN THE SANTOS BASIN, SOUTH WESTERN ATLANTIC OCEAN

4.3 ABSTRACT

In recent years, the population of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) that use Brazilian waters to reproduce has been growing in the Western South Atlantic. Areas that were frequented before the commercial hunting period are being reoccupied by the species, as is the case of some regions in the Santos Basin (23° S; 27° S). This study aimed to estimate the density and abundance of humpback whales and analyze their variation over five years in the Santos Basin, as well as to assess the occurrence of concentration areas to evaluate the importance of the region for the species. Data from five Embarked Sighting campaigns of the Santos Basin Cetacean Monitoring Project (PMC-BS) were used, covering both coastal and oceanic waters. Linear transections with distance sampling were carried out mainly in the period of greatest occurrence of the species on the Brazilian coast (August and September) between 2016-2020. The estimated abundance increased over the years, from 464 individuals (CV = 52.6) in 2016 to 5,859 (CV = 32.8) in 2020 and the density ranged from 0.01 to 0.21 individuals per km². There was an increase in the distribution area over the years and the individuals were concentrated mainly in the Cabo Frio region, in Rio de Janeiro and Ilhabela, in São Paulo. This work complements existing abundance estimates for Brazil and highlights the Santos Basin as an important area for humpback whales that can use the region for activities other than migration.

Keywords: *Megaptera novaeangliae*; Population increase; Brazil.

4.4 CAPÍTULO II

ABUNDANCIA ESTIMADA DE BALLENAS JOROBADAS EN LA CUENCA DE LOS SANTOS, ATLÁNTICO SUR OCCIDENTAL

4.5 RESUMEN

En los últimos años, la población de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) que utilizan las aguas brasileñas para reproducirse ha ido creciendo en el Atlántico Sur Occidental. Áreas que eran frecuentadas antes del período de caza comercial están siendo reocupadas por la especie, como es el caso de algunas regiones de la Cuenca de Santos (23° S; 27° S). Este estudio tuvo como objetivo estimar la densidad y abundancia de ballenas jorobadas y analizar su variación durante cinco años en la Cuenca de Santos, así como evaluar la ocurrencia de áreas de concentración para evaluar la importancia de la región para la especie. Se utilizaron datos de cinco campañas de avistamiento incorporado del Proyecto de Monitoreo de Cetáceos de la Cuenca de Santos (PMC-BS), cubriendo tanto aguas costeras como oceánicas. Se realizaron transecciones lineales con muestreo a distancia (Distance Sampling) principalmente en el período de mayor ocurrencia de la especie en la costa brasileña (agosto y septiembre) entre 2016-2020. La abundancia estimada aumentó con los años, de 464 individuos (CV = 52,6) en 2016 a 5859 (CV = 32,8) en 2020 y la densidad varió de 0,01 a 0,21 individuos por km². Hubo un aumento en el área de distribución a lo largo de los años y los individuos se concentraron principalmente en la región de Cabo Frio, en Río de Janeiro e Ilhabela, en São Paulo. Este trabajo complementa las estimaciones de abundancia existentes para Brasil y destaca la cuenca de Santos como un área importante para las ballenas jorobadas que pueden utilizar la región para actividades distintas a la migración.

Palabras clave: *Megaptera novaeangliae*; Incremento de la población; Brasil.

4.6 INTRODUÇÃO

Durante anos a caça comercial resultou na mortalidade de milhares de indivíduos de diversas espécies de baleias (CLAPHAM & MEAD, 1999). A partir de 1830, teve como principal alvo na região nordeste do Brasil a população de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) que ocorre no Atlântico Sul Ocidental (DE MORAIS *et al.*, 2017). Quando a caça se expandiu para as áreas de alimentação, como as capturas em South Georgia, o tamanho populacional da espécie declinou drasticamente (FINDLAY *et al.*, 2001). Em um período de apenas 22 anos, estima-se que o tamanho dessa população foi reduzido de cerca de 24.700 (1904) para 700 indivíduos (1926), se mantendo baixa nas cinco décadas seguintes, quando estimou-se a menor abundância, de 440 indivíduos (1958) (ZERBINI *et al.*, 2019). Com a proibição da caça comercial em 1986 (GAMBELL, 1993), houve um aumento populacional acelerado dessa população (BORTOLOTTO *et al.*, 2016a; PAVANATO *et al.*, 2017; WEDEKIN *et al.*, 2017) e indica uma recuperação de cerca de 93% do seu tamanho pré-caça comercial (ZERBINI *et al.*, 2019).

Em 1995, a primeira estimativa foi avaliada em 1.634 (IC90%= 1.379-1.887) indivíduos a partir do método de marcação-recaptura com dados de fotoidentificação, na principal área reprodutiva no Atlântico Sul Ocidental (KINAS & BETHLEM *et al.*, 1998). A abundância praticamente duplicou em cinco anos e a população foi estimada em cerca de 3.000 (CV = 0,31, IC95% = 2.500-3.650) indivíduos, com uma taxa de crescimento anual de 31% com o mesmo método de captura no Banco de Abrolhos (FREITAS *et al.*, 2004). Ainda em Abrolhos, em 2001, foi efetuada a primeira estimativa aérea através do método de transecção linear, com a abundância registrada de 2.229 (CV=0,31, IC = 1.201-4.137) indivíduos (ANDRIOLO *et al.*, 2006). Em 2000, uma estimativa foi feita por cruzeiro embarcado na região ao norte da principal área reprodutiva (5°S – 12°S), onde foram estimados 628 (CV=0,31, IC95%=366-1.091) indivíduos (ZERBINI *et al.*, 2004). Em 2005, os transectos foram aéreos e a área amostrada foi ampliada sentido sul até Arraial do Cabo – RJ (24°S), com a abundância estimada em 6.404 (CV = 0,11, IC95% = 5084- 8068) indivíduos (ANDRIOLO *et al.*, 2010). Após três anos, a mesma região foi amostrada (5°S – 23°S), mas através de transectos embarcados, com a estimativa de 16.410 (CV=0,22, IC95% = 10.563–25.495) indivíduos em 2008 (BORTOLOTTO *et al.*, 2016a). Em 2015, a

população foi estimada em 12.123 (CV = 0,05, IC95% = 10.811–13.531) indivíduos e é possível que o crescimento populacional das baleias-jubarte no Atlântico Sul Ocidental esteja se estabilizando (PAVANATO *et al.*, 2017). A estimativa mais atual (2019) da população está em cerca 24.900 (IC95% = 22.400-27.000) indivíduos (ZERBINI *et al.*, 2019), e acredita-se que até 2030 a população estará praticamente recuperada da época de exploração pela caça comercial (ZERBINI *et al.*, 2019).

A baleia-jubarte se distribui por todos os principais oceanos (CLAPHAM *et al.*, 2000) e no Hemisfério Sul a população que está relacionada ao “Estoque Reprodutivo A” migra para as áreas de reprodução no Atlântico Sul Ocidental (IWC, 2005). No Brasil, a principal área de ocorrência se encontra entre Natal, no Rio Grande do Norte (5°S) e Cabo Frio, no Rio de Janeiro (23°S) (ANDRIOLO *et al.*, 2010). No entanto, com o aumento populacional dessa população (BORTOLOTTI *et al.*, 2016a; PAVANATO *et al.*, 2017; WEDEKIN *et al.*, 2017; ZERBINI *et al.*, 2019), nos últimos anos vem ocorrendo uma ampliação da sua área de ocupação e encalhes e avistagens da espécie já foram observados mais ao norte e ao sul da sua principal distribuição, com registros desde o litoral do Pará até o Rio Grande do Sul (e.g., DANILEWICZ *et al.*, 2009; PRETTO *et al.*, 2009; RISTAU *et al.*, 2020).

Apesar disso, cerca de 80% da população utiliza a região do Banco de Abrolhos como a principal área de reprodução (ANDRIOLO *et al.*, 2010; BORTOLOTTI *et al.*, 2017; PAVANATO *et al.*, 2018). Todos os anos, a partir do mês de julho, o número de animais na região aumenta gradualmente, com o pico entre agosto e setembro (MORETE *et al.*, 2008). No final de outubro, utilizam uma rota migratória em águas oceânicas para retornarem às áreas de alimentação e sua abundância na região decresce continuamente até dezembro (ZERBINI *et al.*, 2006; MORETE *et al.*, 2008).

Embora a baleia-jubarte seja uma das espécies de mysticetos mais bem estudadas, e sua abundância seja bem conhecida no Banco de Abrolhos (FREITAS *et al.*, 2004) e para parte da costa nordeste e sudeste do Brasil (ANDRIOLO *et al.*, 2006; ANDRIOLO *et al.*, 2010; BORTOLOTTI *et al.*, 2016a; 2017; PAVANATO *et al.*, 2017), nenhuma estimativa anterior incluiu a região localizada mais ao sul da sua principal área de ocorrência no Brasil. Vale ressaltar, que o limite sul considerado para a espécie (23°S) no litoral brasileiro foi devido a ausência de avistagens de baleias-jubarte além deste limite durante o monitoramento em 2005 (ANDRIOLO *et al.*, 2010). Pelo fato da espécie estar ocupando regiões mais ao sul nos últimos anos (PAVANATO *et al.*, 2018; BORTOLOTTI *et al.*, 2017), o presente trabalho teve como objetivo estimar a

densidade e abundância das baleias-jubarte e analisar a sua variação ao longo dos anos de 2016 a 2020 em uma extensa região na Bacia de Santos, ao sul de Cabo Frio. Assim, este estudo preenche uma lacuna de amostragem espacial importante para caracterizar as áreas de reprodução da espécie e investigar sua dinâmica. Além de avaliar a distribuição e o uso de potenciais áreas que são utilizadas pela espécie ao longo do anos.

4.7 MATERIAIS E MÉTODOS

4.7.1 Área de estudo

A Bacia de Santos (entre 23° e 28° S) é a maior bacia sedimentar marítima brasileira e se estende desde Cabo Frio, no Rio de Janeiro, até Florianópolis, em Santa Catarina (CAMPO *et al.*, 1995; MOREIRA *et al.*, 2007) (Figura 1). Abrange desde águas costeiras mais rasas até águas oceânicas com maiores profundidades (pouco mais de 3.000 m). Possui uma plataforma continental larga, chegando a 200 km de extensão em seu limite mais ao sul, e um talude continental com uma declividade suave, com área total de 350 mil km² (CAMPO *et al.*, 1995).

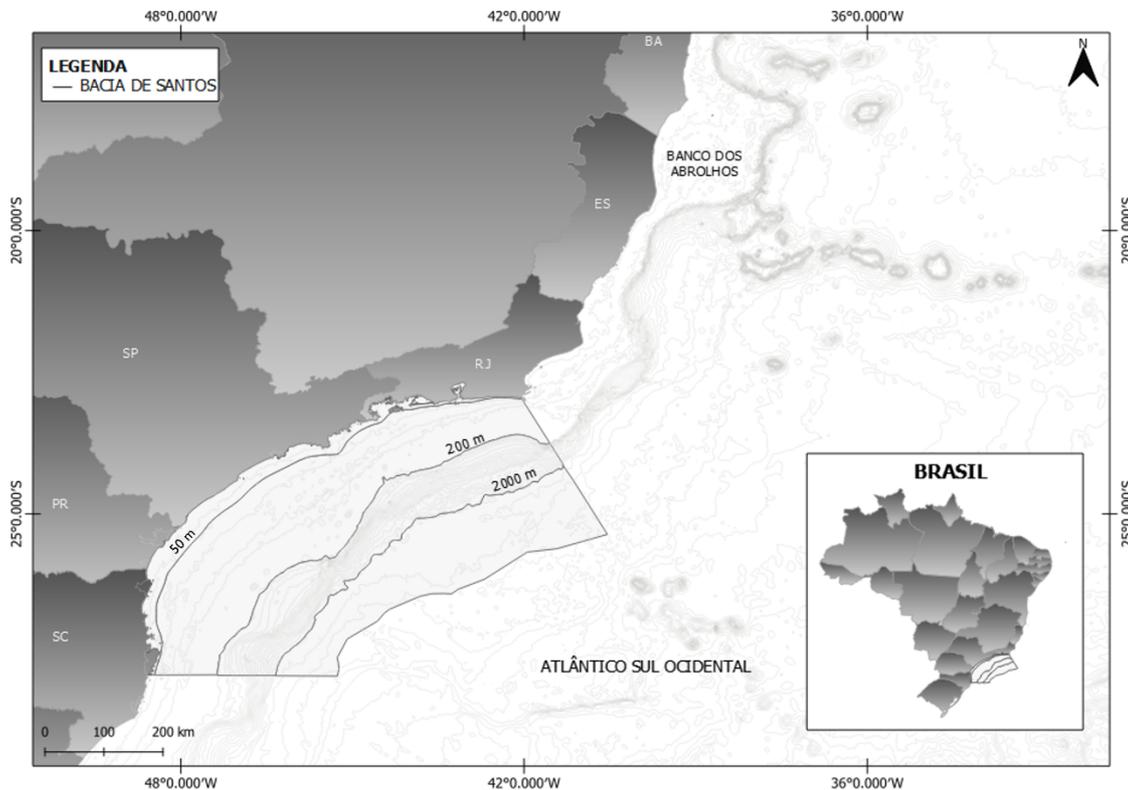


Figura 1. Localização da área de estudo com as margens limites da Bacia de Santos e limites das isóbatas 50 m, 200 m e 2.000 m de profundidade na região. A principal área de reprodução das baleias-jubarte no Brasil, o Banco dos Abrolhos, está também indicada.

4.7.2 Coleta de dados

Foram analisados os dados das campanhas realizadas no período de maior ocorrência da espécie no litoral brasileiro (agosto-outubro) (MORETE *et al.*, 2008) de 2016 a 2020, totalizando cinco campanhas de Avistagem Embarcada do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS). Estes dados estão disponíveis no Sistema de Gerenciamento de Dados do Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (SisPMC - <https://sispmcprd.petrobras.com.br/>). Para a coleta de dados foi utilizada uma embarcação de 23,7 metros de comprimento e 6,0 metros de boca, em campanhas com duração aproximada de 40 dias. Foram realizadas transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*) para registro de grupos de cetáceos (BUCKLAND *et al.*, 2001), incluindo as baleias-jubarte, abrangendo tanto águas costeiras quanto oceânicas. Os cruzeiros seguiram linhas pré-determinadas, planejadas de forma sistemática e homogênea para cobrir toda a área da Bacia de Santos de maneira uniforme. As linhas foram traçadas em ziguezague e deslocadas em torno de 60 a 90 km entre as campanhas para reduzir vieses espaciais na amostragem. A direção do traçado foi perpendicular à costa, cruzando o gradiente de profundidade da área de estudo (Figura 2). O esforço amostral ocorreu durante todo o período com luz natural, com início entre 6h e 7h e finalização entre 18h e 19h. O navio percorreu as linhas com a velocidade média de 7 nós em condição de mar com Beaufort ≤ 6 .

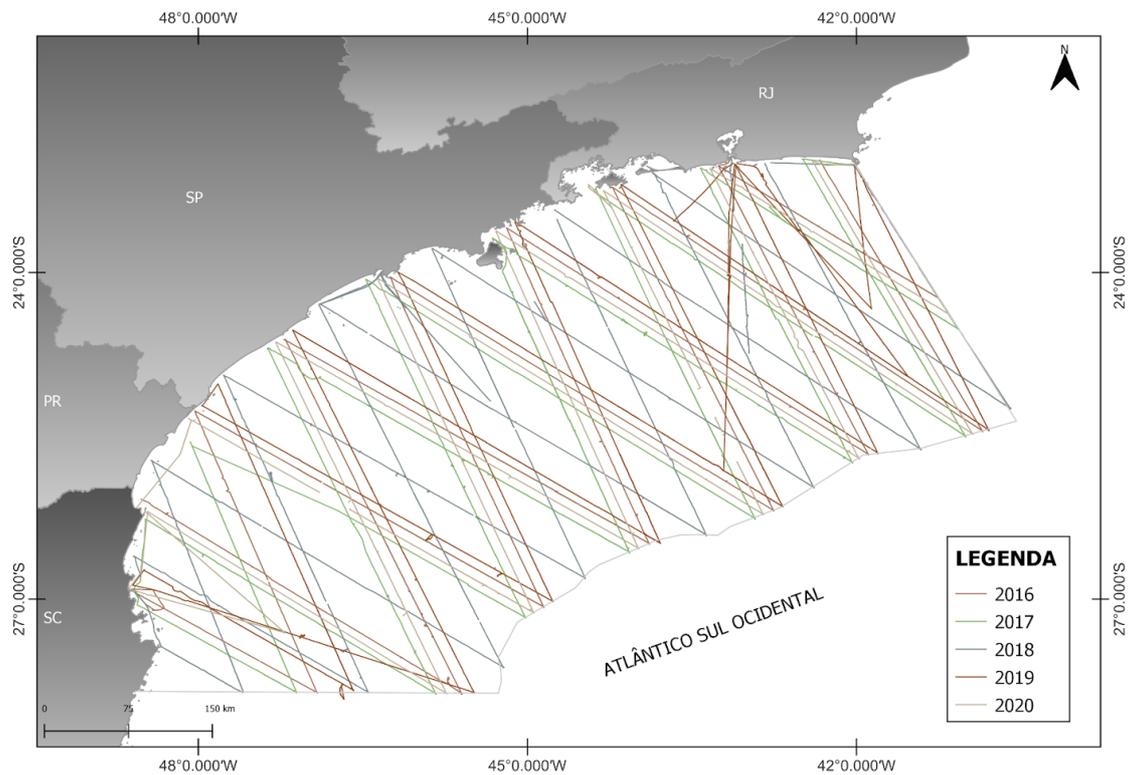


Figura 2. Rotas percorridas em cada ano realizada no período de maior ocorrência de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Baía de Santos. Limites da área de estudo destacados pela linha cinza.

A amostragem de distâncias é um método de coleta e análise de dados usado para estimar a densidade e abundância de populações biológicas (BUCKLAND *et al.* 2001). Obtém-se uma estimativa do número de detecções em função da distância da linha de transecção. As distâncias dos objetos (aqui representadas pela letra (x) são usadas para estimar a função de detecção, definida por $g(x)$, que representa a relação entre a probabilidade de detecção e distância do objeto observado (BUCKLAND *et al.* 2001).

Há três pressupostos fundamentais no método (BUCKLAND *et al.*, 2001; THOMAS *et al.*, 2010). O primeiro é que os objetos na linha ou ponto sejam detectados com certeza ($g(0) = 1$, leia-se: probabilidade de detecção na distância zero da linha igual a um). Isso significa que 100% dos animais seriam detectados na distância zero da linha de transecto (BUCKLAND *et al.* 2001). Para isso, cinco observadores se revezaram em três posições (bombordo, proa e boreste) em uma torre de aproximadamente 7 m acima do nível do mar. O observador posicionado na proa cobriu 20° de cada lado da proa e a posição bombordo e boreste cobriu 90° do seu respectivo

bordo, incluindo a proa. Esse processo resultou em uma sobreposição no campo visual da linha de transecção. O segundo pressuposto é que as baleias foram detectadas antes de responder à presença do navio. Para isso, os observadores ficaram atentos ao mar durante todo o período de esforço, e se revezaram durante 40 minutos em cada posição, alternando as buscas a olho nu e com auxílio de binóculos reticulados (7x50) e o observador da proa com binóculos de longo alcance (15x50) sem retículos, mas com estabilização digital de imagem. O revezamento foi feito para manter a atenção e evitar vícios individuais de amostragem pelos observadores, totalizando 2 horas de observação e 1 hora e 20 minutos de descanso. O terceiro pressuposto é que a medida da distância da linha de transecção seja precisa. Muitas vezes as distâncias perpendiculares foram arredondadas, como por exemplo, aquelas próximas à linha de transecção. Desse modo, além do treinamento dos observadores, o uso de binóculos reticulados minimiza o erro da estimativa de distância.

Posto isto, para cada avistagem foi registrada o horário (i.e., hora, minuto, segundo), data, posição geográfica, método de detecção, pista para detecção, tamanho do grupo (i.e., número de adultos e filhotes), as condições ambientais, sendo elas: estado do mar na escala Beaufort, estado do tempo e visibilidade, o ângulo horizontal entre a avistagem e a proa do navio (medido com uma alidade) e o ângulo vertical. O ângulo vertical seguiu conversões que ponderam a curvatura da Terra e foi obtido através da contagem do número de retículos dos binóculos 7 x 50 entre o horizonte e a detecção (LERCZAK; HOBBS, 1998; KINZEY; GERRODETTE, 2001).

4.7.3 Análise dos dados

Para avaliar as áreas de concentração das avistagens de baleias-jubarte em cada ano de monitoramento, foi utilizado o estimador de densidade de Kernel, obtido pela ferramenta Mapa de Calor no Software QGIS (versão 3.20.2) (QGIS, 2019).

Para as estimativas de abundância e densidade, foi utilizado o Software R (versão 4.0.5) (R Core Team, 2021) com o pacote '*Distance*' através da função *ds()* para modelar a curva de detecção (MILLER *et al.*, 2019). A distância perpendicular da detecção em relação a linha de transecção foi calculada usando a distância radial e o ângulo horizontal. A distância radial de cada grupo de baleia-jubarte foi calculada a partir de uma fórmula que utiliza a altura da torre de observação e o ângulo vertical da avistagem (LERCZAK; HOBBS, 1998; KINZEY; GERRODETTE, 2001).

Para investigar a densidade e abundância foram seguidas três fases de análise de dados, conforme sugerido por Buckland *et al.* (2001): (1) análise exploratória de dados, (2) seleção do modelo e (3) análise final. A fase (1) permitiu auxiliar na compreensão geral dos dados e identificar problemas de coleta ou com o conjunto de dados e consiste principalmente na inspeção do histograma de distâncias observadas. Em seguida, foi necessário definir uma distância de truncamento (2.5 km), pois os dados distantes da linha de transecção tendem a contribuir pouco no ajuste da função de detecção, além da possibilidade de influenciarem na seleção do modelo e aumentar a variabilidade na estimativa de abundância e densidade (BUCKLAND *et al.* 2001).

Na fase (2) foram testadas duas funções chave de detecção: *half-normal* (“hn”) e *hazard-rate* (“hr”), além dos ajustes de séries a serem testados (cosseno, polinomial simples ou de Hermite). Foram construídos modelos que consideram diferentes variáveis que podem influenciar em como a probabilidade de detecção diminui conforme a distância aumenta (MARQUES *et al.*, 2007) (Tabela 1). Duas categorias de estado de mar, conforme a escala de Beaufort, foram criadas: mar calmo (1-2) e moderado (3-4). Mares revoltos (> 5) foram retirados das análises devido às baixas condições de amostragem. Desta maneira, vários modelos foram testados, sendo que os primeiros modelos “hn” e “hr” foram testados sem ajustes ou covariáveis e os demais adicionando uma ou mais variáveis por modelo. O modelo mais parcimonioso foi selecionado considerando o menor valor de AIC – Critério de Informação de Akaike (BURNHAM; ANDERSON, 2002). Para validar o modelo a avaliação crítica do teste estatístico Cramér-von Mises ($p > 0,05$) proporcionou indicações se o ajuste do modelo foi ou não adequado (BUCKLAND *et al.*, 2004).

Por fim, na fase (3) para reduzir o viés das estimativas de baixo tamanho amostral (< 60) em alguns anos monitorados (BUCKLAND *et al.*, 2001), os modelos foram construídos com todos os anos agrupados dada a uniformidade das coletas e isso resulta em estimativas com uma precisão melhor. Assim, foram extraídas do melhor modelo as estimativas de abundância e densidade anual com suas variações e intervalos de confiança de 95% e um histograma do melhor modelo estimado com as distâncias perpendiculares sobreposto à curva de detecção foi avaliado.

Tabela 1. Covariáveis utilizadas para modelagem da função de detecção entre os anos de 2016 e 2020, com suas respectivas descrições (nível). Tipo de variável a ser considerada no modelo (categórica).

Covariável	Tipo de variável	Níveis
Método de detecção	Categórica	Olho nu, binóculos 7x50 e 15x50
Sinal detectado	Categórica	Borrifo, comportamento aéreo e corpo na superfície.
Escala de Beaufort	Categórica	Calmo (1-2) e moderado (3-4)
Estado do tempo	Categórica	Bom, parcialmente nublado, nublado sem chuva, chuva fraca e chuva forte
Visibilidade	Categórica	Péssima, ruim, boa e excelente

4.8 RESULTADOS

Um total de 297 linhas de transecção foram percorridas na Bacia de Santos no período de 2016 a 2020, somando 14.396,9 milhas náuticas (26.663,1 km), em 218 dias de esforço (Tabela 2). Em 126 linhas foram registrados 342 grupos de baleias-jubarte, com tamanho variando de um a sete indivíduos (média = 1,9, DP = 0,9). Desses, 3,2% (n = 11) tinham a presença de filhotes, com registro de apenas um filhote por grupo.

Tabela 2. Resumo da amostragem entre os anos na Bacia de Santos para as estimativas de abundância da baleia-jubarte. Notação: milhas náuticas; DP = desvio padrão; máx = máximo.

Anos	Período	Esforço (Dias)	Esforço (mn)	Linhas de transecção	Tamanho do grupo		N° grupos	
					Média (\pm DP)	Máx	Presença de filhote	Total
2016	27/09 – 06/11	41	2.827,0	53	2 (\pm 1,1)	4	0	17
2017	25/08 – 07/10	44	2.801,0	58	1,9 (\pm 0,9)	5	4	35
2018	01/09 – 20/10	46	2.940,6	64	2,1 (\pm 1,4)	6	2	52
2019	24/08 – 13/10	43	2.903,8	66	1,7 (\pm 0,7)	4	3	72
2020	23/08 – 06/10	44	2.924,5	56	2 (\pm 0,9)	7	2	166
TOT AL	-	218	14.396,9	297	1,9 (\pm 0,9)	26	11	342

Dos 37 modelos criados, o modelo de *hazard-rate* (sem termos de ajustes) com duas covariáveis (sinal detectado e método de detecção) apresentou o menor AIC e a função de detecção mais ajustada ao conjunto de dados de baleias-jubarte. Os modelos foram truncados e são apresentados com mais detalhes na Tabela 3.

Tabela 3. Modelos testados das funções de detecções para as baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) entre os anos de 2016 e 2020. Função de detecção: hazard-rate (hr) e half-normal (hn), covariáveis (método de detecção (detec), pista para detecção (pista), estado de mar, estado do tempo e visibilidade) e termos de ajustes (cosseno, polinomial simples e hermite), nulo = sem termos de ajuste, P = probabilidade de detecção média e CV = coeficiente de variação, AIC = Critério de informação de Akaike, Delta AIC (< 2), C-vM = Qualidade de ajuste do teste de Cramér-von Mises. Em cinza está destacado o melhor modelo.

Função de detecção	Covariável / Termo	P (CV)	AIC	Delta AIC	C-vM
hr	~detec + pista	0,57 (0,06)	4.128,1	0	0,57
hn	~detec + pista	0,64 (0,06)	4.134,4	6,29	0,09
hr	~pista + tempo	0,38 (0,08)	4.140,3	12,21	0,15
hr	~pista	0,40 (0,08)	4.140,4	12,21	0,15
hr	~beaufort + pista	0,36 (0,08)	4.141,5	13,36	0,17
hr	~pista + visibilidade	0,38 (0,08)	4.141,8	13,68	0,17
hr	~beaufort + detec	0,53 (0,07)	4.160,0	31,54	0,10
hr	~detec	0,56 (0,07)	4.160,1	31,91	0,09
hr	~detec + visibilidade	0,53 (0,07)	4.160,7	32,00	0,12
hn	cosseno	0,58 (0,04)	4.161,6	33,35	0,06
hr	~tempo + detec	0,54 (0,07)	4.161,7	33,46	0,08
hr	~tempo + visibilidade	0,51 (0,06)	4.161,8	33,63	0,06
hr	~visibilidade	0,54 (0,06)	4.162,0	33,67	0,07
hr	~beaufort	0,54 (0,06)	4.162,2	33,86	0,07
hr	~beaufort + tempo	0,52 (0,06)	4.163,0	34,01	0,06
hr	~beaufort + visibilidade	0,54 (0,06)	4.165,4	35,66	0,07

Foi identificado um elevado número de distâncias perpendiculares próximo à zero (Figura 3). A probabilidade de detecção a distâncias maiores caiu suavemente conforme aumenta a distância perpendicular e deu à curva uma forma de “ombro” (BUCKLAND *et al.*, 2001).

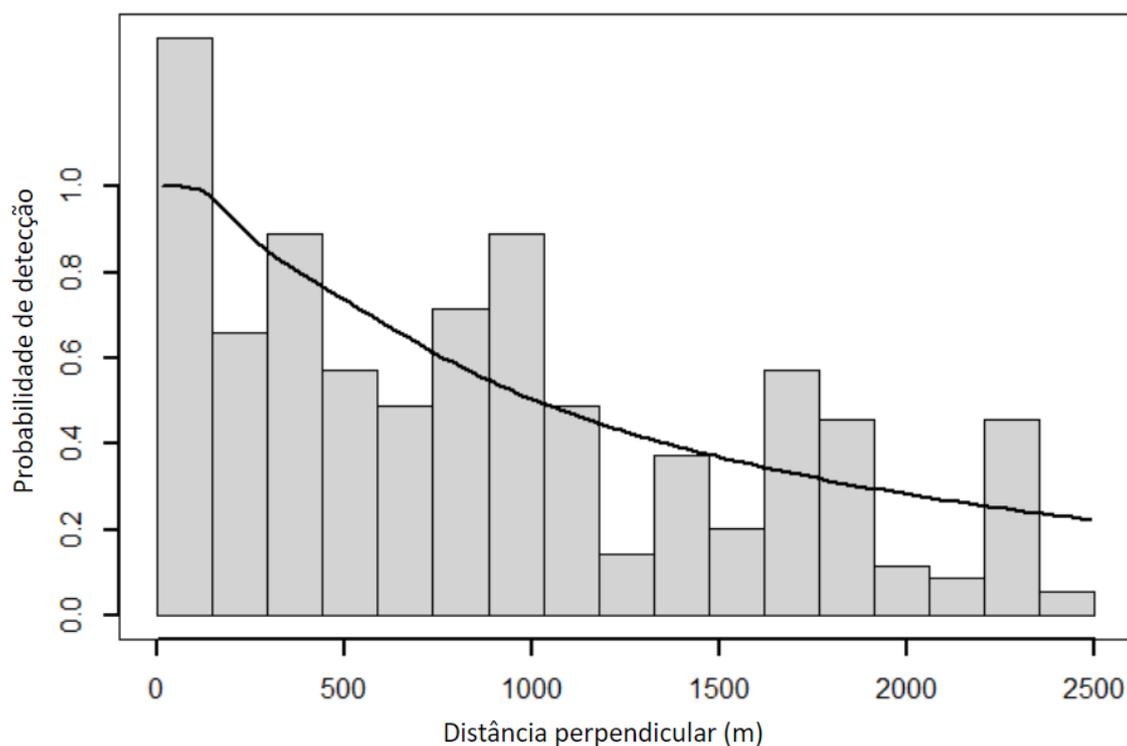


Figura 3. Curva de detecção do melhor modelo descrevendo o decréscimo da probabilidade de detecção de baleias-jubarte conforme o aumento da distância no período de 2016 a 2020 na Bacia de Santos.

As estimativas de abundância de baleias-jubarte apresentaram um crescimento gradual ao longo dos anos, sendo que no último ano (2020) aumentou consideravelmente (Figura 4). Em cinco anos, a abundância variou de 464 indivíduos (CV = 52,6, IC = 172 - 1.253) em 2016 a 5.859 (CV = 32,8, IC = 3.091 - 11.105) em 2020 (Tabela 4). A densidade variou de 0,01 (IC = 0,006 - 0,04) a 0,21 (IC = 0,11 - 0,40) indivíduos por km² na Bacia de Santos (Tabela 4).

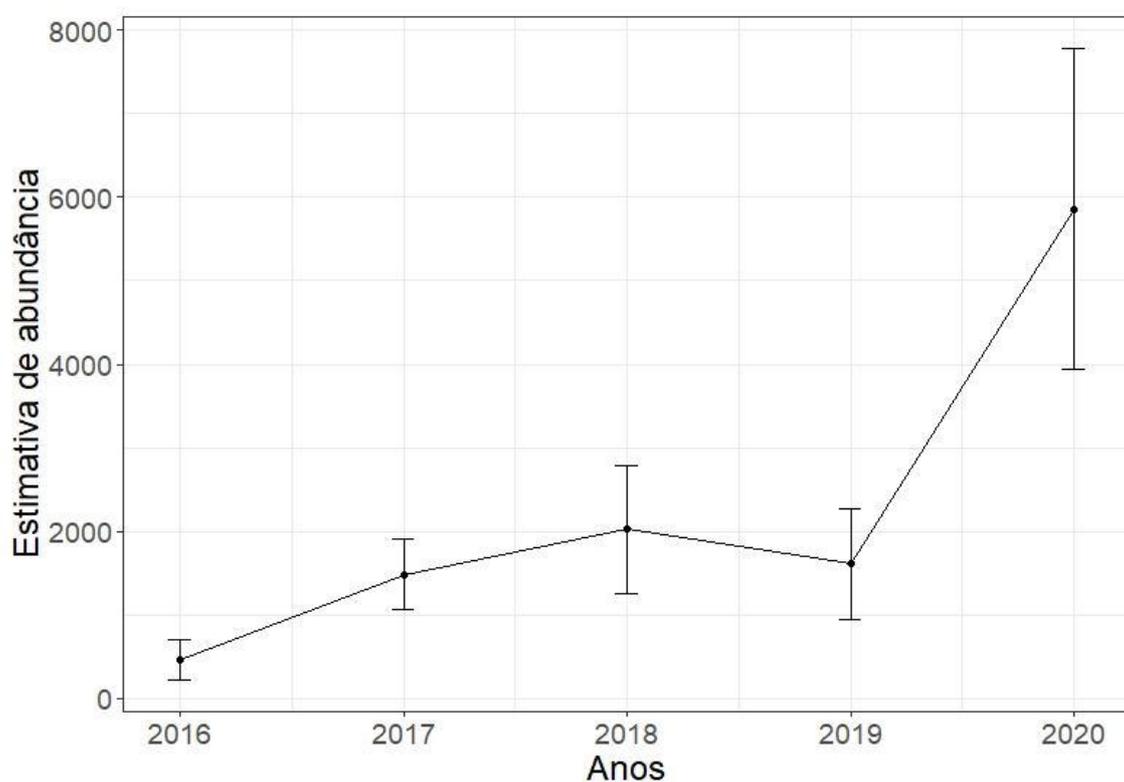


Figura 4. Estimativa de abundância de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) ao longo dos cinco anos (2016 a 2020) de monitoramento na Bacia de Santos. I = erro padrão.

Tabela 4. Estimativas de densidade e abundância por ano de monitoramento para baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Bacia de Santos.

Anos	N	IC (95%)	D	IC	CV (%)
2016	464	172 – 1.253	0,01	0,006 – 0,04	52,6
2017	1.485	851 – 2.591	0,05	0,03 – 0,09	28,5
2018	2.021	977 – 4.179	0,07	0,03 – 0,15	37,6
2019	1.607	730 – 3.535	0,05	0,02 – 0,12	41,0
2020	5.859	3.091 – 11.105	0,21	0,11 – 0,40	32,8

N, estimativa de abundância; IC, intervalo de confiança, D, densidade de animais por km², CV, coeficiente de variação.

A área de distribuição de avistagem das baleias-jubarte também aumentou ao longo dos cinco anos de monitoramento na Bacia de Santos. Os indivíduos se

distribuíram desde a região norte no Rio de Janeiro até o limite sul da área de amostragem em Santa Catarina (Figura 5). As áreas de maior concentração frequentadas pela espécie foram principalmente ao norte da Bacia de Santos, nas imediações de Cabo Frio, no Rio de Janeiro, e nas proximidades de Ilhabela, em São Paulo.

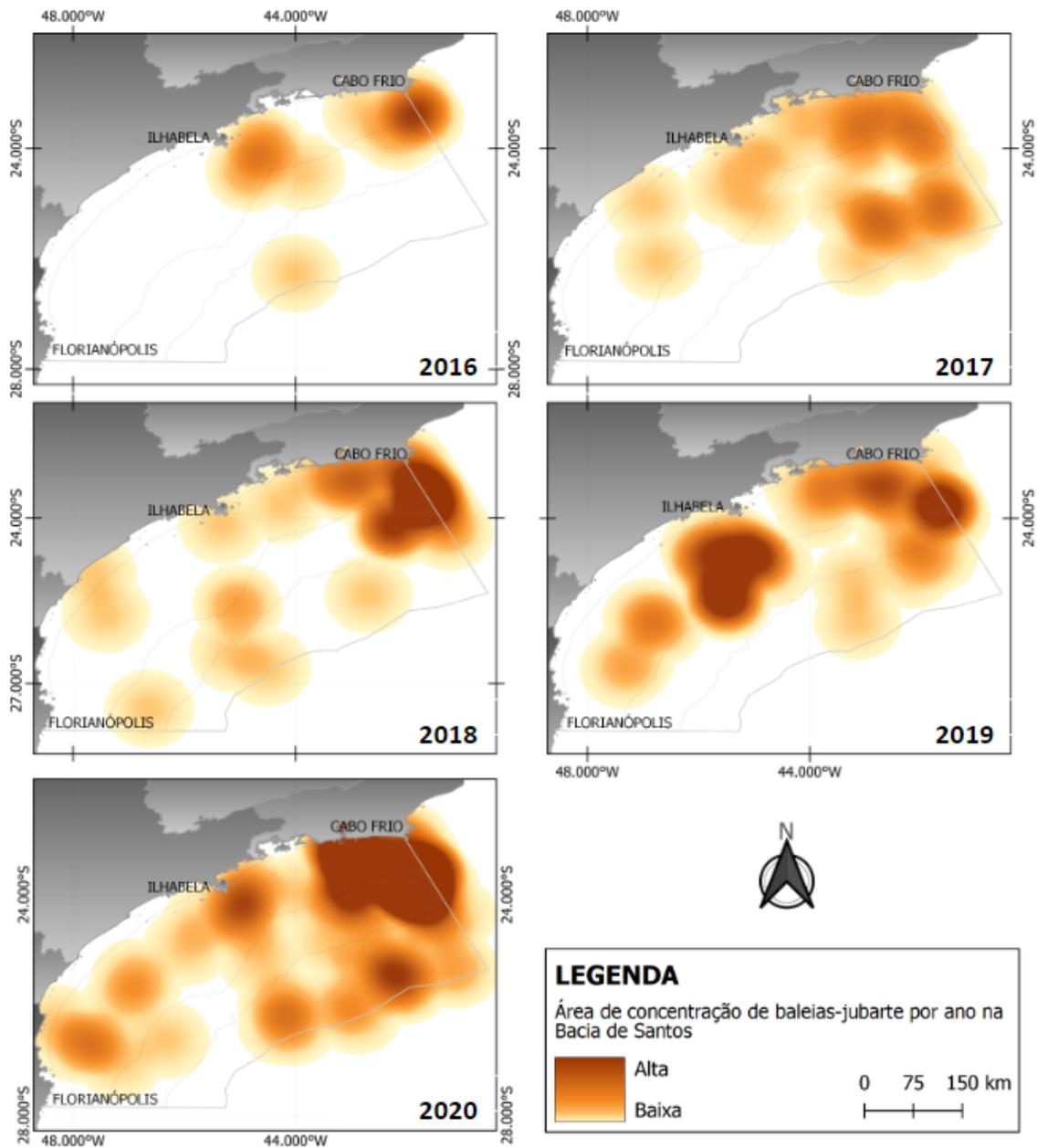


Figura 5. Mapas de Calor mostrando as áreas de concentração com base no número de avistagens de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Baía de Santos, registradas entre 2016 e 2020.

4.9 DISCUSSÃO

Foi constatado um aumento na abundância de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) ao longo de cinco anos na Bacia de Santos (BS), que tem como limite norte Cabo Frio (23°S) e limite sul Florianópolis – SC (27°S). Além do crescimento no uso da área, com preferência por algumas regiões, como é o caso de Ilhabela – SP e Cabo Frio – RJ. As estimativas relatadas anteriormente para a população de baleias-jubarte que frequentam a costa brasileira podem estar subestimadas, pelo fato de nem todos os indivíduos serem amostrados, pelas seguintes possibilidades: 1. Os indivíduos migraram antes da expedição para as áreas de alimentação ou chegaram depois; 2. Migraram para longe da costa (ilhas oceânicas) ou mais ao norte da sua distribuição amostrada, 3. Naquele ano algumas baleias simplesmente não realizaram a migração (BORTOLOTTO *et al.*, 2016a), ou então 4. Vieses de percepção, como é o caso de áreas com altas densidades em que diversos grupos de baleias-jubarte não são registrados, ou até sobre-estimadas, pela ocorrência de duplas contagens por conta da velocidade lenta da embarcação e movimentação dos indivíduos (PAVANATO *et al.*, 2017). Além do mais, a maioria das informações sobre a abundância da população abrangeu Cabo Frio - RJ como limite sul do monitoramento. Desde 2018 a espécie vem sendo observada na região sudeste com maior frequência (LODI *et al.*, 2020; MORETE *et al.*, 2022), e até o momento, as informações sobre a abundância da espécie são incipientes na região ao sul de Cabo Frio.

Assim, analisamos um aumento na estimativa populacional de baleias-jubarte na Bacia de Santos entre os anos de 2016 e 2020. A partir de 2017, a abundância aumentou consideravelmente na região e no último ano apresentou um pico em 264,6% quando comparado ao ano anterior (2019). É notável que a Bacia de Santos não está sendo utilizada pela espécie apenas como passagem durante a rota migratória (ZERBINI *et al.*, 2006). Mas também vem usando algumas regiões para atividades reprodutivas (MORETE *et al.*, 2022) e de forrageio (Capítulo I; BORTOLOTTO *et al.*, 2016b; SICILIANO *et al.*, 2019).

O tamanho médio de grupo de baleias-jubarte foi de 1,9 indivíduos na Bacia de Santos, tamanho próximo ao registrado para a espécie em outros estudos ao longo da costa ao norte da área de estudo, que variaram de 1,8 a 1,9 indivíduos (BEZAMAT *et*

al., 2015; BORTOLOTTO *et al.*, 2016a). Além do mais, nossas coletas foram efetuadas no pico de concentração das baleias-jubarte no Brasil (MORETE *et al.*, 2008), o que provavelmente indica que a maioria dos indivíduos detectados neste estudo podem não ter migrado para a principal área reprodutiva (PAVANATO *et al.*, 2017; ANDRIOLO *et al.*, 2010) e a espécie vem ampliando a sua distribuição para parte da região sudeste e sul do Brasil. Isso é explicável principalmente pelo crescimento populacional já verificado nos últimos anos para a população de baleias-jubarte do Atlântico Sul Ocidental (BORTOLOTTO *et al.*, 2016a; PAVANATO *et al.*, 2017; WEDEKIN *et al.*, 2017; ZERBINI *et al.*, 2019). Além do mais, é possível que antigas áreas de reprodução estejam sendo reocupadas ao longo do litoral brasileiro (ROSSI-SANTOS *et al.*, 2008), como é o caso de algumas regiões da Bacia de Santos (ELLIS, 1958). Todavia, as consequências das mudanças climáticas também podem estar tornando as principais áreas de reprodução super aquecidas (VON HAMMERSTEIN *et al.*, 2022) e alguns indivíduos de baleias-jubarte também podem se deslocar para regiões menos quentes e ampliar a sua distribuição.

A distribuição das baleias-jubarte se estendeu ao longo da Bacia de Santos e teve como áreas preferenciais as regiões de Cabo Frio e Ilhabela. Cabo Frio é um dos limites sul registrado para a área de concentração reprodutiva da população que frequenta a costa brasileira (ANDRIOLO *et al.*, 2010; BORTOLOTTO *et al.*, 2017; PAVANATO *et al.*, 2017). Alguns indivíduos da espécie passam pela região de Cabo Frio antes de migrar em direção às áreas de alimentação (ZERBINI *et al.*, 2006). Além disso, devido à alta produtividade na região (CARBONEL, 1998), é possível que alguns indivíduos de baleias-jubarte utilizem as águas produtivas para forrageio para suplementar recursos em períodos de jejum (Capítulo I; BORTOLOTTO *et al.*, 2016b; SICILIANO *et al.*, 2019). Já o litoral de São Paulo vem sendo usado com frequência pela espécie nos últimos anos, principalmente na região de Ilhabela (MORETE *et al.*, 2022). Pela presença de pares mãe e filhote e grupos competitivos na região nos últimos anos, pode ser um indicativo que a espécie está ampliando a área de reprodução na costa brasileira (MORETE *et al.*, 2022). Apesar da baixa frequência observada de grupos com filhotes na área de estudo (3,2%), a sua distribuição se estendeu desde águas mais costeiras (22°S; 42°S) a águas mais oceânicas (24°S; 45°S), dando a possibilidade da Bacia de Santos ser uma dessas importantes áreas utilizadas pela espécie.

Sendo assim, nossos dados indicam um crescimento do número de indivíduos nos últimos anos (2016-2020) dentro da Bacia de Santos. À vista disso, é possível que

uma parcela relevante da população frequente a região e este estudo agrega e complementa espacialmente e temporalmente as estimativas anteriores já efetuadas para a espécie no Brasil, Atlântico Sul Ocidental.

4.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho preenche uma lacuna de informações na região mais ao sul do limite de distribuição das baleias-jubarte, localizada na Bacia de Santos (BS). As estimativas populacionais foram crescentes ao longo dos anos, o que indica que a BS cada vez mais está sendo frequentada e utilizada pela espécie. A Bacia de Santos vem sendo um importante habitat para as baleias-jubarte e medidas de conservação precisam ser avaliadas na região, na qual a espécie está vulnerável a ameaças como a intensa atividade de exploração de hidrocarbonetos, tráfego de embarcações, poluição sonora e artefatos de pesca. Fornecemos dados que contribuem com o aumento da área de distribuição da espécie para além do limite sul da área de ocorrência já conhecida na costa brasileira e recomendamos que as estimativas populacionais precisam ser atualizadas com base no aumento da área de monitoramento, como a inclusão da Bacia de Santos para abranger toda a área reprodutiva na costa brasileira.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, A.; MARTINS, C. C. A., ENGEL, M. H.; PIZZORNO, J. L.; MÁZ-ROSA S.; FREITAS, A. C.; MORETE, M. E.; KINAS, P. G. The first aerial survey to estimate abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the breeding ground off Brazil (Breeding Stock A). *Journal of Cetacean Research and Management*, v. 8, n. 3, p. 307–311, 2006.

ANDRIOLO, A. KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; MARTINS, C. C. A., RUFINO, A. M. Humpback whales within the Brazilian breeding ground: Distribution and population size estimate. *Endangered Species Research*, v. 11, n. 3, p. 233–243, 2010.

BEZAMAT, C.; WEDEKIN, L. L.; SIMÕES-LOPES, P. C. Potential ship strikes and density of humpback whales in the Abrolhos Bank breeding ground, Brazil. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 25, n. 5, p. 712-725, 2015.

BORTOLOTTTO, G. A.; DANILEWICZ, D.; ANDRIOLO, A.; SECCHI, E. R.; ZERBINI, A. N. Whale, whale, everywhere: increasing abundance of western South Atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in their wintering grounds. *PLoS One*, v. 11, n. 10, 2016a.

BORTOLOTTTO, G. A., KOLESNIKOVAS, C. K. M.; FREIRE, A. S.; SIMÕES-LOPES, P. C. Young humpback whale *Megaptera novaeangliae* feeding in Santa Catarina coastal waters, Southern Brazil, and a ship strike report. *Marine Biodiversity Records*, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2016b.

BORTOLOTTTO, G. A.; DANILEWICZ, D.; HAMMOND, P. S.; THOMAS, L.; ZERBINI, A. N. Whale distribution in a breeding area: spatial models of habitat use and abundance of western South Atlantic humpback whales. *Marine Ecology Progress Series*, v. 585, p. 213-227, 2017.

BORTOLOTTTO, G. A.; THOMAS, L.; HAMMOND, P.; ZERBINI, A. N. Alternative method for assessment of southwestern Atlantic humpback whale population status.

PloS one, v. 16, n. 11, p. e0259541, 2021.

BUCKLAND, S. T.; ANDERSON, D. R.; BURNHAM, K. P.; LAAKE, J. L.; BORCHERS, D. L.; THOMAS, L. Introduction to Distance Sampling. Oxford: Oxford University Press, 2001.

BUCKLAND, S. T.; ANDERSON, D. R.; BURNHAM, K. P.; LAAKE, J. L.; BORCHERS, D. L.; THOMAS, L. Advanced distance sampling: estimating abundance of biological populations. OUP Oxford, 2004.

BUCKLAND, S. T.; REXSTAND, E. A.; MARQUES, T. A.; OEDEKOVEN, C. S. Distance sampling: methods and applications, New York, NY, USA: Springer, v. 431, 2015.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D.R. Model Selection and Multi-Model Inference. Springer-Verlag, New York, NY, 2002.

CAMPOS, E.J.D.; MILLER, J.L.; MULLER, T.J.; PETERSON, R.G. Physical oceanography of the Southwest Atlantic Ocean. Oceanography, v. 8, p. 87–91, 1995.

CARBONEL, C. Modelling of upwelling in the coastal area of Cabo Frio (Rio de Janeiro-Brazil). Revista Brasileira de Oceanografia, v. 46, n. 1, p. 01-17, 1998.

CLAPHAM, P. J.; MEAD, J. G. *Megaptera novaeangliae*. Mammalian Species, v. 604, p. 1-9, 1999.

CLAPHAM P. J.; MANN J.; CONNOR R. C.; TYACK P. T.; WHITEHEAD H. The humpback whale: seasonal feeding and breeding in baleen whales, Cetacean Societies: Field studies of Dolphins and Whales, University of Chicago Press, v. 7, p. 173-198, 2000.

CLAPHAM, P. J.; AGUILAR, A.; HATCH, L. T. Determining spatial and temporal scales for management: Lessons from whaling. Marine Mammal Science, v. 24, n. 1, p. 183–201, 2008.

COOKE, J. G. *Megaptera novaeangliae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T13006A50362794. 2018.

DE MORAIS, I. O. B.; DANILEWICZ, D.; ZERBINI, A. N.; EDMUNDSON, W.; Hart, I. B.; BORTOLOTTI, G. A. From the southern right whale hunting decline to the humpback whaling expansion: a review of whale catch records in the tropical western South Atlantic Ocean. *Mammal Review*, v. 47, n. 1, p. 11-23, 2017.

ELLIS, M.A. Aspectos da pesca da baleia no Brasil colonial. XIV Coleção da Revista de História. E. Simões de Paula, São Paulo, p. 126, 1958.

FINDLAY, K. P. A review of humpback whale catches by modern whaling operations in the Southern Hemisphere. *Memoirs-Queensland Museum*, v. 47, n. 2, p. 411-420, 2001.

FREITAS, A. C.; KINAS, P. G.; MARTINS, C. C. A.; ENGEL, M. H. Abundance of humpback whales on the Abrolhos Bank wintering ground, Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management*, v. 6, n. 3, p. 225–230, 2004.

KINAS, P. G., & BETHLEM, C. B. P. SC/49/SH29 Empirical Bayes abundance estimation of a closed population using mark-recapture data, with application to humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in Abrolhos, Brazil. Report-International Whaling Commission, v. 48, p. 447-452, 1998.

LODI, L.; TARDIN, R.; MARICATO, G. Modeling cetacean habitat use in an urban coastal area in southeastern Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, v. 642, p. 227-240, 2020.

MARQUES, T. A.; THOMAS, L.; FANCY, S. G.; BUCKLAND, S. T. Improving estimates of bird density using multiple-covariate distance sampling. *The Auk*, v. 124, n. 4, p. 1229-1243, 2007.

MILLER, D. L.; REXSTAD, E.; THOMAS, L.; MARSHALL, L.; LAAKE, J. L. Distance sampling in R. *Journal of Statistical Software*, v. 89, p. 1-28, 2019.

MORETE, M. E.; BISI, T. L.; PACE, R. M.; ROSSO, S. Fluctuating abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in a calving ground off coastal Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 88, n. 6, p. 1229-1235, 2008.

PAVANATO, H. J.; WEDEKIN, L. L.; GUILHERME-SILVEIRA, F. R.; ENGEL, M. H.; KINAS, P. G. Estimating humpback whale abundance using hierarchical distance sampling. *Ecological Modelling*, v. 358, p. 10-18, 2017.

PAVANATO, H. J.; MAYER, F. P.; WEDEKIN, L. L.; ENGEL, M. H.; KINAS, P. G. Prediction of humpback whale group densities along the Brazilian coast using spatial autoregressive models. *Marine Mammal Science*, n. 34, v. 3, p. 734-754, 2018.

QGIS. QGIS geographic information system. Open source Geospatial Foundation project. Available at: <http://qgis.org> [Accessed 04 November 2021], 2019.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RISTAU, N. G.; MARTINS, C. C.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; BALENSIEFER, D.; SOUSA, G.; MARMONTEL, M.; FARIAS, I. P. Sharing the space: Review of humpback whale occurrence in the Amazonian Equatorial Coast. *Global Ecology and Conservation*, 22, p. e00854, 2020.

ROSSI-SANTOS, M. R.; NETO, E. S.; BARACHO, C. G.; CIPOLOTTI, S. R.; MARCOVALDI, E.; ENGEL, M. H. Occurrence and distribution of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the north coast of the State of Bahia, Brazil, 2000–2006. *ICES Journal of Marine Science*, v. 65, n. 4, p. 667-673, 2008.

SICILIANO, S.; CARDOSO, J.; FRANCISCO, A.; MOREIRA, S. C. A STOP FOR A SNACK: apparent humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) feeding behavior and

association with gillnets during migration off south-eastern Brazil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 29, n. 1, 2019.

SisPMC - Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos. Available at: <http://sispmc.socioambiental.com.br> [Accessed 10 December 2021].

THOMAS, L.; BUCKLAND S. T.; REXSTAND E. A.; LAAKE, J. L.; STRINDBERG, S.; HEDLEY, S. L.; BURNHAM, K. P. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *The Journal of Applied Ecology* v. 47, p. 5–14, 2010.

VON HAMMERSTEIN, H.; SETTER, R. O.; VAN ASWEGEN, M.; CURRIE, J. J.; STACK, S. H. High-Resolution Projections of Global Sea Surface Temperatures Reveal Critical Warming in Humpback Whale Breeding Grounds. *Frontiers in Marine Science*, v. 9, 837772, 2022.

WEDEKIN, L. L.; ENGEL, M. H.; ANDRIOLO, A.; PRADO, P. I.; ZERBINI, A. N., MARCONDES, M. M. C.; KINAS, P. G.; SIMÕES-LOPES, P. C. Running fast in the slow lane: rapid population growth of humpback whales after exploitation. *Marine Ecology Progress Series*, v. 575, p. 195-206, 2017.

YABLOKOV, A. V.; ZEMSKY, V. A.; MIKHALEY, Y. A.; TORMOSOV, V. V.; BERZIN, A. A. Data on Soviet whaling in the Antarctic in 1947-1972 (population aspects). *Russian Journal of Ecology*, v. 29, n. 1, p. 38-42, 1998.

ZERBINI, A. N.; ANDRIOLO, A.; HEIDE-JORGENSEN, M. P.; PIZZONO, J. L.; MAIA, Y. G.; GLENN, R.; VANBLARICOM, G. R.; DEMASTER, D.P.; SIMÕES-LOPES, P. C.; MOREIRA, S.; BETHLEM, C. Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, v. 313, p. 295-304, 2006.

ZERBINI, A. N.; ANDRIOLO, A.; DA ROCHA, J. M.; SIMÕES-LOPES, P. C. Winter distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off northeastern Brazil. *J Cetacean Res Manag*, v. 6, p. 101–107, 2004.

ZERBINI, A. N.; ADAMS, G.; BEST, J.; CLAPHAM, P. J.; JACKSON, J. A.; PUNT, A. E. Assessing the recovery of an Antarctic predator from historical exploitation. *Royal Society open science*, v. 6, n. 10, p. 190368, 2019.

ANEXOS

Tabela 1. Descrição do comportamento de mergulho para os sete indivíduos de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*). Número de identificação do transmissor no sistema Argos (PTT - Terminal de transmissão da plataforma), ambiente: O/P = Indivíduos que se deslocaram entre os ambientes plataforma continental e oceânico, número de mergulhos totais e por perfil (Square, U e V), profundidade e duração máxima (Max) e média de mergulho por cada indivíduo. M = metros, min = minutos, DP = desvio padrão.

PTT	Ambiente	Número de mergulhos	Número de mergulhos por perfil			Profundidade de mergulho (m)		Duração (min)	
			Square	U	V	Max	Média (± DP)	Max	Média (±DP)
34588	Oceânico	2.067	721	1.207	139	339,5	31,9 (± 33,8)	15	3,0 (± 2,6)
34722		1.616	502	1.089	25	283,5	52,1 (± 41,6)	14	3,6 (± 2,3)
158553	O / P	755	240	491	24	355,5	51,0 (± 57,3)	27	3,5 (± 3,6)
34686		1.332	821	451	60	137,5	29,0 (± 18,8)	17	4,2 (± 3,2)
158542		1.109	899	169	41	23,5	15,0 (± 2,2)	13	2,2 (± 1,6)
158554	Plataforma	25	14	9	2	137,5	64,5 (± 48,3)	23	8,8 (± 5,2)
34738		16	7	7	2	98,5	30,4 (± 28,2)	9	3,8 (± 3,0)

Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) a disponibilizar em ambiente digital institucional, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/IBICT) e/ou outras bases de dados científicas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 12/10/2022.

1. Identificação do material bibliográfico: () Tese (x) Dissertação () Trabalho de Conclusão

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor: Kamila Andressa do Nascimento Maieski

Orientador: Marta Jussara Cremer Coorientador: Leonardo Liberali Wedekin

Data de Defesa: 12/08/2022

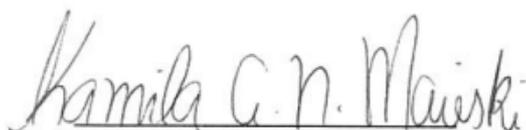
Título: Abundância e comportamento de mergulho de baleias-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na região ao sul da principal área de ocorrência no Atlântico Sul Ocidental

Instituição de Defesa: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

3. Informação de acesso ao documento:

Pode ser liberado para publicação integral (x) Sim () Não

Havendo concordância com a publicação eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese, dissertação ou relatório técnico.



Assinatura do autor



Local/Data