PETROBRAS

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

5º Relatório Anual – Ciclos 1 a 10 —

Volume I: Apresentação e Discussão de Resultados Orientados aos Objetivos

Volume Único

Revisão 00

Dezembro/2020

CONTROLE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO	DATA
00	Documento Original	20/10/2020

	Original	Rev. 01	Rev. 02	Rev. 03	Rev. 04
Data	20/10/2020				
Elaboração	Leonardo Wedekin, Alexandre Paro, Ana Cypriano, Carolina Bezamat, Fábio Daura-Jorge, José Olimpio, Marcos Rossi-Santos, Marta Cremer				
Verificação	Aline Fernandes, José Olimpio e Leonardo Wedekin				
Aprovação	José Olimpio				

ÍNDICE GERAL

LISTA DE QUADROS 14
LISTA DE FIGURAS 15
LISTA DE ANEXOS 37
APRESENTAÇÃO 38
EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO 5º RELATÓRIO ANUAL DO PMC-BS 39
I. INTRODUÇÃO 40
II. RESUMO EXECUTIVO 42
III. MÉTODOS 51
III.1 Plataformas de Pesquisa 53
III.2 Avistagem Embarcada 58
III.3 Monitoramento Acústico Passivo (MAP) 60
III.4 Avistagem Aérea 66
III.5 Telemetria 70
III.6 Fotoidentificação 77
III.7 Coleta de biópsias 79
IV. ESFORÇO E TAMANHO AMOSTRAL POR ÁREA TEMÁTICA 82
IV.1 Avistagem Embarcada 88
IV.2 Monitoramento Acústico Passivo 91
IV.3 Avistagem Aérea 95
IV.4 Telemetria 98
IV.5 Fotoidentificação 104
IV.6 Coleta de Biópsias 109
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO ORIENTADA PARA OS OBJETIVOS 114
V.1 Comunidade de cetáceos 114
V.1.1 Composição e estrutura da comunidade de cetáceos 114
V.1.2 Identificação Molecular das Espécies 131
V.2 Distribuição, Uso de Habitat e Movimentos 140
V.2.1 Distribuição e uso de habitat 140
V.2.2 Modelagem de habitat considerando interferências antrópicas 155

V.2.3 Movimentos 178
V.3 Biologia populacional 237
V.3.1 Estimativas de densidade e abundância de cetáceos 237
V.3.2 Estimativa do Tamanho Efetivo da População 262
V.3.3 Diversidade Genética 266
V.3.4 Proporção Sexual 276
V.3.5 Estrutura Genética Populacional 280
V.4 Padrões comportamentais 300
V.4.1 Comportamento de mergulho 300
V.4.2 Repertório acústico 341
V.5 Estado de Saúde e Grau de Contaminação 384
V.5.1 Análise de lesões de pele 384
V.5.2 Análises de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPA 397
V.5.3 Biomarcadores 410
VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS 445
VI.1 Avanços obtidos em relação aos anos anteriores 445
VI.2 Avaliação Crítica dos Resultados Orientada para os Objetivos 450
VI.3 Produção Acadêmica e divulgação na mídia sobre o PMC-BS 461
VI.4 Avaliação de Aspectos Antrópicos 462
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 466
VIII. ANEXOS 510

LISTA DE TABELAS

Tabela III-1: Especificações dos hidrofones usados durante o MAP no PMC-BS..... 62
Tabela IV-1: Resumo do esforço e tamanho amostral nas Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC-BS..... 90
Tabela IV-2: Resumo do esforço e tamanho amostral nas Campanhas de MAP do PMC-BS. 92
Tabela IV-3: Lista do número total de arquivos de áudio e volume do PAMGUARD e do ISHMAEL separados por ciclo e o total para cinco anos de PMC-BS. ISH = gravações do programa ISHMAEL. PG = gravações do programa PAMGUARD. 93
Tabela IV-4: Número de registros acústicos realizados durante os cinco anos do PMC-BS, identificados pelos diferentes grupos taxonômicos catalogados na SONOTECA. 94
Tabela IV-5: Resumo do esforço e tamanho amostral das Campanhas de Avistagem Aérea dos primeiros cinco anos do PMC-BS..... 97
Tabela IV-6: Resumo do esforço e tamanho amostral realizado nas Campanhas de Telemetria em cinco anos do PMC-BS. 100
Tabela IV-7: Espécies de cetáceos marcadas com sucesso com transmissores satelitais, usando diferentes sistemas de ancoragem, e DTAGs durante as dez Campanhas de Telemetria na Bacia de Santos. I = implantável; L = LIMPET. 103
Tabela IV-8: Duração (em dias) da coleta de dados dos transmissores satelitais implantados em cetáceos de acordo com tipo de ancoragem durante as dez Campanhas de Telemetria do PMC na Bacia de Santos. 103
Tabela IV-9: Número cumulativo de indivíduos em cada catálogo por espécie acumulado até o 8º Ciclo e nos 9º e 10º Ciclos (T9 – Telemetria do 9º Ciclo; A9 – Avistagem e MAP do 9º Ciclo; T10 – Telemetria do 10º Ciclo). 106
Tabela IV-10: Resumo das comparações de catálogos com outros grupos de pesquisa, número de fotos comparadas e reavistagens. 109

Tabela IV-11: Número de amostras por espécie amostrada, após cada campanha do PMC na Bacia de Santos. A1 a A10 – Avistagem e MAP do 1º ao 10° ciclo; T1 a T10 – Telemetria do 1º ao 10° ciclo..... 112

Tabela IV-12: Número de amostras de Odontocetos e Misticetos coletadas durante as campanhas de Avistagem e MAP, e de Telemetria do 1° ao 10° ciclo do PMC-BS. 113

Tabela V-2: Variáveis ambientais utilizadas para a modelagem de distribuição potencial dos táxons de cetáceos da Bacia de Santos..... 142

Tabela V-3: Área de abrangência dos habitats de cetáceos sobre a Bacia de Santos. Notação: N = número de detecções; AUC = area under the ROC curve; ETSS = Equal Training Sensitivity and Specificity. Variável com mais informação sobre a distribuição em negrito. Foram mostradas as variáveis com mais de 10% de contribuição para o ajuste do modelo. 145

Tabela V-4: Variáveis consideradas na modelagem de habitat dos cetáceos na Bacia de Santos. 169

Tabela V-6: Modelos Generalizados Lineares (GLM) considerando os efeitos de variáveis ambientais e antrópicas no número de detecções de misticetos observados durante o PMC na Baía de Santos..... 175

Tabela V-7: Informações sobre os indivíduos marcados com sucesso com transmissores satelitais nas dez Campanhas de Telemetria do PMC-BS. PTT = número de identificação do transmissor no sistema Argos; PT = total de pontos de localização recebido; PF = total de pontos resultante após a filtragem; DP = distância percorrida pelo indivíduo desde a data de marcação até o último ponto registrado, em km; DMD = distância média percorrida por dia em km.* Indica os indivíduos para os quais foram obtidos poucos dados, sendo excluídos das análises posteriores. ** A identificação em nível de espécie foi realizada por meio de genética. Não foi possível realizar a biópsia em alguns indivíduos, o que impossibilitou a sexagem genética. 180

Tabela V-8: Características dos movimentos e uso de habitat das espécies marcadas com transmissores satelitais ao longo dos cinco anos de PMC-BS, considerando os indivíduos para os quais foram obtidas informações.

Média ± Desvio padrão (Mínimo – Máximo). Faixa latitudinal mínimo e máximo em graus decimais. 183

Tabela V-9: Variáveis utilizadas para modelar a curva de detecção durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e Aérea do PMC-BS. 240

Tabela V-10: Esforço amostral e dados sobre avistagens de cetáceos observados durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. Notação: mn = milhas náuticas; DP = desvio padrão. 241

Tabela V-11: Modelos de detecção para misticetos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). Notação: k = número de parâmetros; (cat) = variável categórica; (cont) = variável contínua. 242

Tabela V-12: Estimativa de densidade e abundância de misticetos durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. 243

Tabela V-13: Estimativa de densidade e abundância da baleia-jubarte durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. 245

Tabela V-14: Modelos de detecção para delfinídeos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). Notação: k = número de parâmetros; (cat) = variável categórica; (cont) = variável contínua. 245

Tabela V-15: Estimativa de densidade e abundância de delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. 246

Tabela V-16: Estimativa de densidade e abundância do golfinho-pintado-do-Atlântico durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. 248

Tabela V-17: Estimativa de densidade e abundância do golfinho-nariz-de-garrafa durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC - BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. 250

Tabela V-18: Modelos de detecção para misticetos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). MR = modelo de marcação-recaptura. 251

Tabela V-19: Esforço amostral e dados sobre avistagens de cetáceos observados durante as campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. Camp = campanha; km = quilômetros; DP = desvio padrão. 252

Tabela V-20: Estimativa de densidade e abundância de misticetos durante as campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. 254

Tabela V-21: Modelos de detecção para delfinídeos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). 256

Tabela V-22: Estimativa de densidade e abundância de delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC - BS. Camp = campanha; n = número de detecções; N = estimativa de abundância; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação. 258

Tabela V-23: Estimativa de tamanho efetivo contemporâneo das populações de três delfinídeos (*T. truncatus, S. frontalis e S. longirostris*) amostrados no PMC-BS para os diferentes valores críticos (P_{crit}). IC = intervalo de confiança..... 264

Tabela V-24: Diversidade do DNA mitocondrial das espécies de cetáceos amostradas na Bacia de Santos. n = número de amostras, Seq. (pb) = sequência em pares de bases, S = sítios polimórficos, H = haplótipos, h = diversidade haplotípica, π = diversidade nucleotídica (%). 269

Tabela V-25: Diversidade dos locos de microssatélites dos cetáceos amostrados na Bacia de Santos. n = número de amostras, N = número de locos, A = número médio de alelos por loco, H_O = heterozigozidade observada, H_E = heterozigozidade esperada, $P_{(ID)}$ e $P_{(ID)sib}$ = probabilidades de identidade..... 272

Tabela V-26: Número de machos e fêmeas identificados geneticamente e proporção sexual (F:M = fêmeas para machos) para cada espécie amostrada nas campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e

MAP do PMC-BS. *Inclui 2 amostras (1 macho e 1 fêmea) coletadas no norte do estado de Santa Catarina. 277

Tabela V-27: Características dos mergulhos das espécies marcadas com transmissores satelitais ao longo dos cinco anos de PMC-BS. Os valores mínimos entre parênteses indicam qual a profundidade mínima definida para considerar uma imersão como sendo um mergulho. 303

Tabela V-28: Relação ajustada pela regressão linear para as espécies de misticetos com apenas um indivíduo monitorado e para as espécies cuja relação mergulho versus profundidade foi independente do indivíduo. Valores significativos em negrito (p < 0,05). 308

Tabela V-29: Relação ajustada pela análise de covariância por indivíduo para *Balaenoptera borealis* e *Megaptera novaeangliae*. Relações significativas entre profundidade de mergulho e local em negrito (p < 0,05). 310

Tabela V-30: Relação ajustada pela regressão linear para *Physeter macrocephalus* e *Grampus griseus*. Valores significativos em negrito (p < 0,05). 314

Tabela V-31: Relação ajustada pela análise de covariância por indivíduo para *Orcinus orca* e G*lobicephala macrorhynchus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Relações significativas entre profundidade de mergulho e local em negrito (p < 0,05). 315

Tabela V-32: Espécies de delfinídeo que compõem o banco de dados acústicos do PMC-BS, sumarizando o total de número de detecções das espécies/gêneros (detecções registradas pelo MAP e confirmadas visualmente), número amostral de assovios do banco de dados e número de assovios processados no período de cinco anos do PMC-BS. 343

Tabela V-33: Sumário dos parâmetros acústicos dos assovios das espécies de delfinídeos registrados no PMC-BS. Valores indicam a média, desvio padrão e o mínimo e máximo entre parênteses. 347

Tabela V-34: Resultados obtidos pelo conjunto de dados de assovios de teste do PMC-BS para modelos de classificadores baseados em árvores de decisão de seis espécies de delfinídeos da Bacia de Santos, medidos

pela acurácia preditiva de cada modelo (percentual de classificações corretas) e os respectivos intervalos de confiança de 95%. 358

Tabela V-35: Resultado obtidos pelo conjunto de dados de assovios de teste do PMC-BS para modelos de classificadores baseados em floresta randômica de seis espécies de delfinídeos da Bacia de Santos, medidos pela taxa de acerto para cada espécie (sensibilidade). 359

Tabela V-36: Número de amostras, mediana, valores dos percentis de 10% e 90% dos parâmetros descritores de cliques do cachalote-anão (*Kogia sima*) e das detecções presumidamente de Kogia sp. do acumulado do PMC-BS. 365

Tabela V-37: Sumário das detecções acústicas (n=150) de 5 campanhas de gravação com uso de glider do PMPAS-BS, indicando o número das campanhas, o número de mergulhos, o período de gravação e o número de amostras por campanha. 371

Tabela V-38: Sumário das detecções acústicas de cinco campanhas de glider do PMPAS-BS, indicando o número de detecções acústicas separadas por táxons. Detecções simultâneas de diferentes táxons foram consideradas separadamente. 373

Tabela V-39: Sumário das detecções acústicas de cinco campanhas de glider do PMPAS-BS, indicando os táxons registrados e os valores mínimos e máximos de profundidade de gravação do glider. 374

Tabela V-40: Categorias de lesões de pele observadas durante o PMC-BS e descrição. 384

Tabela V-41: Prevalência acumulada de lesões epidérmicas (ou mutilações) entre os indivíduos identificados, por espécie e ciclo do PMC-BS. *espécies com muitas identificações. 385

Tabela V-42: Ocorrência de cada tipo de lesão epidérmica por espécies, considerando apenas indivíduos fotoidentificados, acumulando todos os ciclos do PMC-BS (NM – nódulos multifocais; FA – ferida aberta; LA – lesão erosiva arredondada; MV – mancha avermelhada; ME – mancha esbranquiçada; LE – lesões esbranquiçadas; DF – deformidades físicas (malformação); PX – lesões semelhantes a poxvírus; LB – lesões semelhantes a lobomicose; AT – mutilações ou antrópica; TC – lesões de

tubarão-charuto; LU – lesões de úlceras; IN – lesões inespecífica). *espécies em que a classificação de lesões se encontra em andamento. 387

Tabela V-43: Relação das espécies onde foram analisados HPA nas amostras de biópsia (n amostral, número de machos e número de fêmeas) 397

Tabela V-44: Intervalo de concentração de HPA nas amostras de cetáceos – PMC: total de HPA, somatório de HPA leves, somatório de HPA pesados e percentual de naftaleno. Concentrações em peso úmido (ng g^{-1}). 399

Tabela V-45: Condições ótimas para a imunodetecção de CYP1A em tecido tegumentar de cetáceos. 414

Tabela V-46: Genes alvo e pares de iniciadores, utilizados para quantificação dos seus respectivos produtos gênicos em tecido tegumentar de *Tursiops truncatus, Stenella longirostris e Balaenoptera brydei*. 416

Tabela V-47: Descrição dos fatores, níveis dos fatores analisados e fonte dos dados para realização de estatística inferencial em amostras de tecido tegumentar de *Tursiops truncatus*. 418

Tabela V-48: Descrição dos fatores, níveis dos fatores analisados e fonte dos dados para realização de estatística inferencial em amostras de tecido tegumentar de *Stenella longirostris*. 419

Tabela V-49: Resumo dos resultados obtidos para as análises de biomarcadores bioquímicos, biomarcadores moleculares, HPAs e POPs em amostras tegumentares de *Tursiops truncatus* (n = 46). 421

Tabela V-50: Resumo dos resultados obtidos para as análises de biomarcadores bioquímicos e moleculares, de HPAs e de POPs em amostras tegumentares de *Stenella longirostris* (n = 48). 427

Tabela V-51: Resumo dos resultados obtidos para as análises de biomarcadores bioquímicos e moleculares, de HPAs e de POPs em amostras tegumentares de *Balaenoptera brydei* (n = 7). 437

Tabela V-52: Comparativo dos valores médios de biomarcadores bioquímicos e moleculares, poluentes orgânicos persistentes (POPs) e

hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) mensurados em tecido tegumentar de *Tursiops truncatus, Stenella longirostris e Balaenoptera brydei*. 438

LISTA DE QUADROS

Quadro IV-1: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 1 e 2 do PMC-BS. 83

Quadro IV-2: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 3 e 4 do PMC-BS. 84

Quadro IV-3: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 5 e 6 do PMC-BS. 85

Quadro IV-4: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 7 e 8 do PMC-BS. 86

Quadro IV-5: Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 9 e 10 do PMC-BS. 87

Quadro VI-6: Quadro de situação dos indicadores de alcance de cada objetivo específico do PMC-BS. Em itálico os objetivos específicos do projeto e seus indicadores e formas de verificação, conforme previsto no Quadro 2-2 (“Objetivos, indicadores e formas de verificação”) do item 2 (“Objetivos e Indicadores”) do Projeto Executivo do PMC-BS. A situação atual de andamento do alcance dos indicadores e sua forma de verificação é descrita em negrito. 457

LISTA DE FIGURAS

Figura II-1: Plataformas de coleta do PMC-BS 42
Figura II-2: Esforço visual e acústico de detecção de cetáceos no PMC..... 43
Figura II-3: Exemplos de espécies de misticetos registrados na Bacia de Santos: baleia-jubarte (sup. esq.), baleia-sei (sup. dir.), baleia-minke-anã (inf. esq.) e baleia-azul (inf. dir.). 43
Figura II-4: Exemplos de espécies de odontocetos registrados na Bacia de Santos: cachalote (sup. esq.), golfinho-comum (sup. dir.), golfinho-rotador (inf. esq.) e golfinho-nariz-de-garrafa (inf. dir.). 44
Figura II-5: Regiões de maior concentração de cetáceos na Bacia de Santos, indicadas pelas cores vermelhas nos mapas. 46
Figura II-6: Movimentos migratórios de quatro espécies de misticetos registrados pelo PMC-BS com base em transmissores satelitais: (A) baleia-azul (PTT 158554); (B) baleia-fin (PTT 158553); (C) baleia-jubarte (PTT 34588); e (D) baleia-minke-Antártica (PTT 179333). PTT = número único de identificação do transmissor satelital. 47
Figura II-7: Movimentos migratórios constadados por fotoidentificação para a baleia-sei (esquerda) e baleia-jubarte (direita). 48
Figura II-8: Movimentos em pequena escala por meio de fotoidentificação de golfinho-de-dentes-rugosos, golfinho-nariz-de-garrafa, golfinho-pintado-do-Atlântico e baleia-de-Bryde sugerindo um padrão de residência e/ou fidelidade à área costeira entre a Ilha de São Sebastião (SP) e Cabo Frio (RJ)..... 49
Figura II-9: Lesão antrópica em baleia-de-Bryde (colisão com embarcação) e em golfinho-nariz-de-garrafa (interação com artefato de pesca). 50
Figura III-1: Vista geral da embarcação Sea Route, utilizada para as coletas de dados embarcados nos cinco primeiros anos do PMC-BS..... 54
Figura III-2: Vista geral do bote inflável principal (6,3 m), usado na Campanha de Telemetria do PMC-BS. Ver texto para detalhes. 55
Figura III-3: Vista geral do bote inflável de segurança e reserva de marcação usado nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS. Ver texto para detalhes..... 55

Figura III-4: Vista geral da aeronave AeroCommander 500, utilizada nos ciclos 1 a 4 e 10 do PMC-BS. 56
Figura III-5: Vista geral da aeronave Cessna 208B Grand Caravan, utilizada nos ciclos 5 e 6 do PMC-BS. 57
Figura III-6: Vista geral da aeronave Cessna 208B Grand Caravan, utilizada no ciclo 9 do PMC-BS. 57
Figura III-7: Vista geral da aeronave Cessna Caravan 208, utilizada nos ciclos 7 e 8 do PMC-BS. 58
Figura III-8: Detalhe da torre de observação da embarcação com observadores em esforço durante campanhas embarcadas do PMC-BS. 59
Figura III-9: Lançamento do arranjo de hidrofones e cabo de reboque. 61
Figura III-10: Estação de MAP e operadores durante a Campanha de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS. 63
Figura III-11: Telas dos programas usados pelo MAP no PMC-BS: detector de clique do PAMGUARD (acima à esquerda), mapa para localização do PAMGUARD (abaixo à esquerda), software ISHMAEL (acima à direita) e WHALETRAK (abaixo à direita) 64
Figura III-12: Observador em esforço amostral na janela bolha da aeronave durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS. 67
Figura III-13: Observador utilizando clinômetro e gravador digital para registrar as avistagens durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS. 68
Figura III-14: Observador fazendo o registro fotográfico das avistagens durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS. 68
Figura III-15: Transmissores satelitais utilizados nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS: (A) transmissor implantável (modelo SPLASH10-260C); (B) transmissor implantável (modelo SPLASH10-302B); e (C) transmissor LIMPET (modelo SPLASH10-292A) com âncora de três (esquerda) e seis pétalas (direita). 73
Figura III-16: Transmissores do tipo CATS Cam e DTAG, o primeiro utilizado a partir da Campanha 6 e o segundo nas Campanhas de 1 a 10. 75

Figura III-17: Marcação com transmissor satelital do tipo LIMPET na nadadeira dorsal de uma baleia-sei utilizando uma balestra durante Campanha de Telemetria do PMC-BS. 76
Figura III-18: Marcação de uma baleia-sei com transmissor do tipo CATs utilizando uma vara de fibra de carbono durante Campanha de Telemetria do PMC-BS. 76
Figura III-19: Coleta de biópsia da proa do bote inflável durante Campanha de Telemetria do PMC-BS. 80
Figura III-20: Triagem da amostra de biópsia coletada durante Campanha de Telemetria do PMC-BS. 81
Figura IV-1: Rotas percorridas durante as Campanhas de Avistagem Embarcada nos cinco primeiros anos do PMC-BS. 89
Figura IV-2: Rotas percorridas durante as Campanhas de Avistagem Aérea nos cinco primeiros anos do PMC-BS. 96
Figura IV-3: Rotas percorridas durante as Campanhas de Telemetria nos cinco anos de PMC-BS. 102
Figura IV-4: Variação no número de registros fotográficos por ciclo e campanha (A – Avistagem e MAP; T – Telemetria). A linha pontilhada representa a variação, entre ciclos, do número de registros processados por dia. .. 105
Figura IV-5: Acompanhamento cumulativo entre campanhas do crescimento dos catálogos para as 10 espécies com mais indivíduos catalogados no PMC-BS. 107
Figura IV-6: Percentagens (%) de identificações em relação ao total de registros fotográficos utilizados – qualidade (A), (B+) e (B-) – por espécie. 108
Figura V-1: Curva cumulativa de número de espécies de cetáceos na Bacia de Santos por esforço, calculada por reamostragem dos dias de amostragem em campanhas embarcadas do PMC entre 2015 e 2020. 119
Figura V-2: Status de ameaça segundo o MMA (ou IUCN quando não constam na lista do MMA) das espécies de cetáceos com ocorrência registrada para a Bacia de Santos. 120

Figura V-3: Frequência absoluta (número) de registros de espécies de cetáceos na Bacia de Santos entre 2015 e 2020 por meio de amostragens embarcadas do PMC-BS. 123
Figura V-4: Número de indivíduos de delfinídeos do gênero *Stenella* registrados por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS. 124
Figura V-5: Número de indivíduos de golfinhos-nariz-de-garrafa registrados por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS. 125
Figura V-6: Número de indivíduos de grandes misticetos migratórios registrados por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS. 126
Figura V-7: Número de indivíduos de baleias-jubarte registradas por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS. 126
Figura V-8: Número de indivíduos da baleia-de-Bryde (*Balaenoptera brydei*) registrados por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS. 127
Figura V-9: Segregação dos táxons de cetáceos observados na Bacia de Santos pela profundidade com base em detecções acústicas e visuais realizadas por todas as plataformas do PMC-BS entre 2015 e 2020. . 129
Figura V-10: Síntese sobre a estrutura da comunidade de cetáceos da Bacia de Santos em relação aos habitats ocupados e às zonas climáticas. Espécies marcadas com * não foram detectadas pelo PMC-BS e seu registro advém de outras fontes de dados. 131
Figura V-11: Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G401 (identificada como G401 *Delphinus* sp.) e nas sequências referência da região controle do DNAmt de todos os delfinídeos (a figura apresenta somente as espécies do gênero Delphinus). 136
Figura V-12: Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G357 (identificada como G357 *Globicephala* sp.) e nas sequências referência da região controle do DNAmt das espécies das subfamílias Globicephalinae e Orcininae. 137
Figura V-13: Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G421 (identificada como G421 *Balaenoptera bonaerensis*) e nas sequências referência da região controle do DNAmt de todos os misticetos. 138

Figura V-14: Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G436 (identificada como G436 *Balaenoptera acutorostrata*) e nas sequências referência da região controle do DNAmt de todos os misticetos. 139
Figura V-15: Distribuição potencial da baleia-fin (*Balaenoptera physalus*) na Bacia de Santos. 146
Figura V-16: Distribuição potencial da baleia-sei (*Balaenoptera borealis*) na Bacia de Santos. 146
Figura V-17: Distribuição potencial da baleia-de-Bryde (*Balaenoptera brydei*) na Bacia de Santos. 147
Figura V-18: Distribuição potencial da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Bacia de Santos. 147
Figura V-19: Distribuição potencial da cachalote (*Physeter macrocephalus*) na Bacia de Santos. 148
Figura V-20: Distribuição potencial de kogídeos (*Kogia* spp.) na Bacia de Santos. 148
Figura V-21: Distribuição potencial de baleias-bicudas (Família Ziphiidae) na Bacia de Santos. 149
Figura V-22: Distribuição potencial das baleias-piloto (*Globicephala* spp.) na Bacia de Santos. 149
Figura V-23: Distribuição potencial do golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*) na Bacia de Santos. 150
Figura V-24: Distribuição potencial da orca (*Orcinus orca*) na Bacia de Santos. 150
Figura V-25: Distribuição potencial do golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*) na Bacia de Santos. 151
Figura V-26: Distribuição potencial do golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) na Bacia de Santos. 151
Figura V-27: Distribuição potencial do golfinho-rotador (*Stenella longirostris*) na Bacia de Santos. 152
Figura V-28: Distribuição potencial do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) na Bacia de Santos. 152

Figura V-29: Distribuição potencial do golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*) na Bacia de Santos. 153
Figura V-30: Distribuição potencial do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) na Bacia de Santos. 153
Figura V-31: Distribuição potencial da toninha (*Pontoporia blainvillei*) na Bacia de Santos. 154
Figura V-32: Distribuição potencial combinada de 17 táxons de cetáceos na Bacia de Santos. 155
Figura V-33: Profundidade média (em metros) na Bacia de Santos. 157
Figura V-34: Declividade média (em graus) na Bacia de Santos. 157
Figura V-35: Distância da costa (em quilômetros) na Bacia de Santos. 159
Figura V-36: Temperatura média da água na superfície (em °C) na Bacia de Santos. Dados médios dos períodos de campanha. 159
Figura V-37: Velocidade das correntes marítimas (em m/s) na Bacia de Santos. Dados médios dos períodos de campanha. 160
Figura V-38: Concentração de clorofila A (em mg/m^3) na Bacia de Santos. 161
Figura V-39: Salinidade da água na superfície (PSU) na Bacia de Santos. Dados médios dos períodos das campanhas. 162
Figura V-40: Intensidade de tráfego de embarcações (em log de metros navegados) na Bacia de Santos. 163
Figura V-41: Distância das plataformas de produção de petróleo do Pré-Sal na Bacia de Santos. 163
Figura V-42: Intensidade de atividades de pesca artesanal e industrial (em log kg de pescado capturado) na Bacia de Santos. 164
Figura V-43: Nível de pressão sonora (SPL) na faixa de frequência de 125 Hz (em dB) na Bacia de Santos. 165
Figura V-44: Número de detecções visuais de grupos de misticetos durante Campanhas de Avistagem Embarcada na Bacia de Santos. 167
Figura V-45: Número de detecções visuais de grupos de odontocetos durante Campanhas de Avistagem Embarcada na Bacia de Santos. 168
Figura V-46: Milhas náuticas navegadas em esforço pelas Campanhas de Avistagem Embarcada na Bacia de Santos. 168

Figura V-47: Correlação entre as variáveis explanatórias consideradas na modelagem de uso de habitat. 171
Figura V-48: Previsões do melhor GLM para o número de detecções de odontocetos em blocos de análise na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC. 173
Figura V-49: Predições do melhor modelo linear generalizado (GLM) para número relativo de detecções de odontocetos na Bacia de Santos. ... 174
Figura V-50: Desvios residuais do melhor modelo linear generalizado (GLM) para número de detecções de odontocetos na Bacia de Santos. 174
Figura V-51: Previsões do melhor GLM para o número de detecções de misticetos em blocos de análise na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC. 176
Figura V-52: Predições do melhor modelo linear generalizado (GLM) para número relativo de detecções de misticetos na Bacia de Santos..... 177
Figura V-53: Desvios residuais do melhor modelo linear generalizado (GLM) para número de detecções de misticetos na Bacia de Santos. 177
Figura V-54: Movimentos de *Balaenoptera musculus* na Bacia de Santos obtidos de um indivíduo marcado com transmissor satelital em 2019. 186
Figura V-55: Localização da única reavistagem de *Balaenoptera physalus*, e representação da direção do movimento entre registros..... 187
Figura V-56: Movimentos de *Balaenoptera physalus* na Bacia de Santos obtidos de um indivíduo marcado com transmissor satelital em 2019. 189
Figura V-57: Mapa com a localização das duas reavistagens de *Balaenoptera borealis*, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom nas reavistagens na Bacia de Santos. 190
Figura V-58: Movimentos de *Balaenoptera borealis* na Bacia de Santos obtidos de seis indivíduos marcados com transmissores satelitais e monitorados durante o inverno dos anos de 2016, 2018 e 2019..... 192
Figura V-58 (continuação): Movimentos de *Balaenoptera borealis* na Bacia de Santos obtidos de quatro indivíduos marcados com transmissores satelitais e monitorados durante o inverno dos anos de 2016, 2018 e 2019. 193

Figura V-59: Mapa com a localização das 4 reavistagens de *Balaenoptera brydei*, e representação da direção do movimento entre registros. 196
Figura V-60: Movimentos de um indivíduo de *Balaenoptera brydei* na Bacia de Santos marcado com transmissor satelital em 2017. 197
Figura V-61: Movimentos de *Balaenoptera bonaerensis* na Bacia de Santos obtidos de dois indivíduos marcados com transmissor satelital em 2017 e 2019. 200
Figura V-62: Localização das duas reavistagens de *Megaptera novaeangliae*, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom nas reavistagens na Bacia de Santos. 202
Figura V-63: Movimentos de Megaptera novaeangliae na Bacia de Santos obtidos de seis indivíduos marcados com transmissores satelitais nos anos de 2016, 2017 e 2018. 204
Figura V-64: Movimentos de Physeter macrocephalus na Bacia de Santos obtidos para três indivíduos marcados com transmissores satelitais em 2017. 207
Figura V-65: Localização das quatro reavistagens de *Orcinus orca*, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens. 209
Figura V-66: Estados comportamentais estimados para Orcinus orca na Bacia de Santos pelo modelo hierárquico de estado-espaço aplicados aos dados obtidos pelos transmissores satelitais para cinco indivíduos no inverno dos anos de 2016, 2017 e 2018. Os estados comportamentais estimados são 1 = Transiting (deslocamento); 2 = ARS (area restricted-search); 3 = padrão indefinido. 210
Figura V-67: Movimentos de *Globicephala macrorhynchus* na Bacia de Santos obtidos de três indivíduos marcados com transmissor satelital em 2019. 213
Figura V-68: Localização das 2 reavistagens de grupos de *Peponocephala electra* (28 indivíduos no primeiro grupo reavistado e 17 no segundo), e representação de movimentos mínimos entre registros. 215

Figura V-69: Movimentos de *Peponocephala electra* na Bacia de Santos obtidos de dois indivíduos marcados com transmissores satelitais e monitorados durante o outono de 2018. 216
Figura V-70: Localização das 4 reavistagens (em mesmo grupo) de Feresa attenuata, e representação de movimentos mínimos entre registros. . 218
Figura V-71: Localização das duas reavistagens de *Grampus griseus*, e representação da direção do movimento entre registros. 219
Figura V-72: Movimentos de *Grampus griseus* na Bacia de Santos obtidos de um indivíduo marcado com transmissor satelital em 2019. 219
Figura V-73: Localização das duas reavistagens de *Sotalia guianensis*, e representação da direção do movimento entre registros. Zoom para destacar as reavistagens. 221
Figura V-74: Localização dos nove indivíduos reavistados de *Steno bredanensis*, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens. 223
Figura V-75: Localização dos 15 indivíduos reavistados de *Steno bredanensis*, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens. 223
Figura V-76: Movimentos de *Steno bredanensis* na Bacia de Santos obtidos de dois indivíduos marcados com transmissores satelitais em 2018. 225
Figura V-77: Localização de reavistagens de nove indivíduos de *Tursiops truncatus*, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens. 228
Figura V-78: Localização de reavistagens de 13 indivíduos de *Tursiops truncatus*, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens. 228
Figura V-79: Estados comportamentais estimados para *Tursiops truncatus* na Bacia de Santos pelo modelo hierárquico de estado-espaço ajustados aos dados obtidos pelos transmissores satelitais em dez indivíduos marcados nos anos de 2016, 2017 e 2018. Os estados comportamentais estimados pelo modelo são 1 = Transiting (deslocamento); 2 = ARS (area restricted-search); 3 = padrão indefinido. 231

Figura V-80: Localização das 16 reavistagens de *Stenella frontalis*, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens. 234
Figura V-81: Localização da única reavistagem de *Stenella longirostris*, e representação da direção do movimento entre registros. 235
Figura V-82: Localização das duas reavistagens de *Delphinus delphis,* e representação da direção do movimento entre registros. 236
Figura V-83: Abundância de misticetos observados ao longo das Campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. Círculos preenchidos em azul indicam campanhas realizadas no inverno/primavera e círculos preenchidos em laranja no verão. 244
Figura V-84: Abundância de delfinídeos observados ao longo das Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC-BS entre 2015 e 2020. Círculos preenchidos em azul indicam campanhas realizadas no inverno/primavera e círculos preenchidos em laranja no verão. 247
Figura V-85: Curva de detecção do golfinho-pintado-do-Atlântico nas Campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. .. 248
Figura V-86: Curva de detecção do golfinho-nariz-de-garrafa nas Campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. .. 249
Figura V-87: Curva de detecção taxa de risco de um modelo ajustado aos dados de misticetos observados durante as Campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. (a) Detecções do observador 1 (janela bolha); (b) Detecções do observador 2 (janela plana); e (c) Todas as detecções. 253
Figura V-88: Abundância de misticetos observados ao longo das campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. Círculos preenchidos em azul indicam campanhas realizadas no inverno e círculos preenchidos em laranja no verão. 255
Figura V-89: Curva de detecção meia-normal de um modelo ajustado aos dados de delfinídeos observados durante as Campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. (a) Detecções do observador 1 (janela bolha); (b) Detecções do observador 2 (janela plana); e (c) Todas as detecções. 257

Figura V-90: Abundância de delfinídeos observados ao longo das campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. Círculos preenchidos em azul indicam campanhas realizadas no inverno e círculos preenchidos em laranja no verão. 259
Figura V-91: Estimativas de N_e contemporâneo para os diferentes valores críticos para T*ursiops truncatus, Stenella frontalis e Stenella longirostris* da Bacia de Santos. 265
Figura V-92: Frequência de machos e fêmeas identificados geneticamente para cada espécie amostrada nas campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e MAP durante os cinco anos do PMC-BS. 278
Figura V-93: Locais de coleta de biópsia de indivíduos de *Tursiops truncatus* na Bacia de Santos. 282
Figura V-94: Rede de haplótipos median-joining das sequências (675 pares de base) da região controle do DNAmt de *Tursiops truncatus* da Bacia de Santos. Os círculos representam os 18 haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 80 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados. 283
Figura V-95: ΔK calculado usando STRUCTURE HARVESTER para agrupamentos de 1 a 4 dos *Tursiops truncatus* da Bacia de Santos. a) sem informação sobre local de amostragem e b) com informação sobre local de amostragem. 285
Figura V-96: Gráfico do STRUCTURE com a proporção de associação de cada indivíduo de *Tursiops truncatus* a cada agrupamento para K = 2 a K = 4 com o local de amostragem na Bacia de Santos informado (costeiro x oceânico). Cada indivíduo é representado por uma barra vertical dividida em segmentos coloridos com o comprimento indicando o coeficiente de associação a cada agrupamento. 286
Figura V-97: Locais de coleta de biópsia de indivíduos de *Stenella frontalis* na Bacia de Santos. 288
Figura V-98: Rede de haplótipos median-joining das sequências (685 pares de base) da região controle do DNAmt de *Stenella frontalis* da Bacia de

Santos. Os círculos representam os 14 haplótipos encontrados, e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 110 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados. 289

Figura V-99: ΔK calculado usando STRUCTURE HARVESTER para agrupamentos de 1 a 4 dos *Stenella frontalis* da Bacia de Santos. 292

Figura V-100: Gráfico do STRUCTURE com a proporção de associação de cada indivíduo de *Stenella frontalis* a cada agrupamento para K = 2 a K = 4 com o local de amostragem na Bacia de Santos informado (costeiro x oceânico). Cada indivíduo é representado por uma barra vertical dividida em segmentos coloridos com o comprimento indicando o coeficiente de associação a cada agrupamento..... 292

Figura V-101: Locais de coleta de biópsia de indivíduos de *Balaenoptera borealis* na Bacia de Santos. 294

Figura V-102: Árvore filogenética da máxima verossimilhança dos haplótipos de DNAmt de *Balaenoptera borealis* dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Haplótipo Hap 6 do Atlântico Norte destacado no clado do Atlântico Sul. 296

Figura V-103: Rede de haplótipos median-joining das sequências (481 pares de base) da região controle do DNAmt de *Balaenoptera borealis* dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Os círculos representam os 24 haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 112 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados. A elipse destaca o haplogrupo do Atlântico Norte em forma de estrela.. 297

Figura V-104: Diagrama mostrando as estimativas coalescentes de Θ (dentro dos círculos) e fluxo gênico maternal de longo prazo (setas) entre as populações de baleia-se do Atlântico Norte (AN) e do Atlântico Sul (AS). A largura das setas corresponde ao número de imigrantes por geração (N_em) entre as populações. 298

Figura V-105: Frequência de mergulhos de misticetos (família Balaenopteridae) em diferentes categorias de profundidade (A) e de duração (B); e proporção média de permanência em diferentes categorias de profundidade (TAD) (C). 306
Figura V-106: Frequência de mergulhos de odontocetos (famílias Physeteridae e Delphinidae) em diferentes categorias de profundidade (A) e de duração (B); e proporção média de permanência em diferentes categorias de profundidade (TAD) (C)..... 307
Figura V-107: Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para espécies de misticetos com apenas um indivíduo marcado (A – *Balaenoptera musculus* e B – *Balaenoptera physalus*) e para espécies em que não houve diferença entre os indivíduos (C – *Balaenoptera brydei* e D – *Balaenoptera bonaerensis*). 309
Figura V-108: Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para indivíduos de *Balaenoptera borealis*. O número acima de cada gráfico indica o PTT do indivíduo. 311
Figura V-109: Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para indivíduos de *Megaptera novaeangliae*. O número acima de cada gráfico indica o PTT do indivíduo. 312
Figura V-110: Relação entre profundidade de mergulho/profundidade local e a latitudes; A) *Balaenoptera musculus*, B) *Balaenoptera physalus*, C) *Balaenoptera borealis*, E) *Balaenoptera bonaerensis,* F) *Megaptera novaeangliae*; e da longitude; D) *Balaenoptera brydei*. 313
Figura V-111: Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho em espécies de odontocetos para as quais não houve diferença entre os indivíduos (A – *Physeter macrocephalus*) ou tiveram apenas um indivíduo monitorado (B – *Grampus griseus*)..... 314
Figura V-112: Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para indivíduos de *Orcinus orca* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. O número acima de cada gráfico indica o PTT do indivíduo. 315
Figura V-113: Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para indivíduos de *Globicephala macrorhynchus* marcados com

transmissor satelital pelo PMC-BS. O número acima de cada gráfico indica o PTT do indivíduo. 316
Figura V-114: Relação entre profundidade de mergulho/profundidade local e a latitudes; A) *Physeter macrocephalus, B) Orcinus orca, C) Globicephala macrorhynchus, e D) Grampus gri*seus marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 317
Figura V-115: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de *Balaenoptera musculus* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. 318
Figura V-116: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para um indivíduo de *Balaenoptera musculus* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana. 319
Figura V-117: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de *Balaenoptera physalus* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. 320
Figura V-118: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para doze indivíduos de *Balaenoptera borealis* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 321
Figura V-119: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para doze indivíduos de *Balaenoptera borealis* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.. 322
Figura V-120: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de *Balaenoptera brydei* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 323
Figura V-121: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para três indivíduos de *Balaenoptera brydei* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana..... 324
Figura V-122: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para dois indivíduos de *Balaenoptera bonaerensis* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 325

Figura V-123: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para dois indivíduos de *Balaenoptera bonaerensis* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.. 326
Figura V-124: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para sete indivíduos de *Megaptera novaeangliae* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 327
Figura V-125: Profundidade de mergulho (m) (log10) registrada ao longo do dia para sete indivíduos de *Megaptera novaeangliae* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana..... 328
Figura V-126: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de *Physeter macrocephalus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 330
Figura V-127: Profundidade de mergulho (em metros) registrada ao longo do dia para três indivíduos de *Physeter macrocephalus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana..... 331
Figura V-128: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para cinco indivíduos de *Orcinus orca* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 333
Figura V-129: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de *Globicephala macrorhynchus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 335
Figura V-130: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para três indivíduos de *Globicephala macrorhynchus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana. 336
Figura V-131: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de *Grampus griseus* marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. 338

Figura V-132: Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para dez indivíduos de *Tursiops truncatus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. 339
Figura V-133: Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para dez indivíduos de *Tursiops truncatus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana..... 340
Figura V-134: Exemplo de um assovio do golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*) registrado no PMC-BS. Os assovios são sons tonais e geralmente modulados, como neste exemplo, que apresenta pontos de inflexão entre modulação ascendente-descendente-ascendente. As linhas verticais são cliques de ecolocalização. 342
Figura V-135: Exemplo de um assovio processado no módulo ROCCA do programa PAMGUARD. Os parâmetros são extraídos manualmente pelo contorno do assovio (em amarelo no espectrograma da direita). 345
Figura V-136: Frequência máxima (kHz) de assovios de delfinídeos coletados na Bacia de Santos, ordenados de forma crescente pela mediana. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis (50% dos dados), e a linha mais escura horizontal em forma de nó indica a mediana e o intervalo de confiança de 95% em torno da mediana. 349
Figura V-137: Frequência mínima (kHz) de assovios de delfinídeos coletados na Bacia de Santos, ordenados de forma crescente pela mediana. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis (50% dos dados), e a linha mais escura horizontal em forma de nó indica a mediana e o intervalo de confiança de 95% em torno da mediana. 349
Figura V-138: Intervalo de Frequência (kHz) (diferença entre a frequência máxima e a frequência mínima) de assovios de delfinídeos coletados na Bacia de Santos, ordenados de forma crescente pela mediana. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis (50% dos dados), e a linha mais escura horizontal em forma de nó indica a mediana e o intervalo de confiança de 95% em torno da mediana. 350
Figura V-139: Duração (segundos) de assovios de delfinídeos coletados na Bacia de Santos ordenados de forma crescente pela mediana. A caixa

representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal em forma de nó indica a mediana e 95% de intervalo de confiança em torno da mediana..... 350
Figura V-140: Matriz de correlação das variáveis descritivas dos assovios de delfinídeos da Bacia de Santos pelo ROCCA. Ver abreviações e descrição das variáveis no Anexo V.4.2-1..... 351
Figura V-141: Biplot com os dois primeiros eixos fatoriais da Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando 44 parâmetros descritores dos assovios das onze espécies de delfinídeos registrados no acumulado do PMC-BS. 354
Figura V-142: Gráfico biplot dos eixos discriminantes (Análise Discriminante) do conjunto de assovios de teste para seis espécies de delfinídeos registrados no PMC-BS. As cores representam as diferentes espécies conforme indicado na legenda. 356
Figura V-143: Árvore de classificação gerada pelos dados de teste para seis espécies de delfinídeos registrados no PMC-BS. A árvore mostra os parâmetros acústicos selecionados pelo modelo, os valores de corte e o número de acertos para cada nódulo terminal (representados por diferentes cores, conforme a legenda de cores das espécies)..... 357
Figura V-144: Registro fotográfico do cachalote-anão (*Kogia sima*) avistado na 9ª campanha de Avistagem e MAP do PMC-BS e detectado pelos operadores de MAP..... 364
Figura V-145: Detecção de cachalote-anão (*Kogia sima*) no detector de cliques do PAMGUARD. Os quadrados em amarelos são cliques detectados e classificados como Kogia no PAMGUARD. No eixo x o tempo em segundos (s) e no eixo y o valor de amplitude em decibel relativo (dB). 364
Figura V-146: Histogramas mostrando a frequência pico (kHz), duração (ms), largura da banda -10dB (kHz), largura da banda -3dB (kHz), intervalo entre os cliques (ms) e média do espectro dos cliques do cachalote-pigmeu (Kogia sima) registrado pelo PMC-BS..... 365
Figura V-147: Clique de um zifídeo detectado no PAMGUARD pelo PMC-BS. 367

Figura V-148: Clique de cachalote detectado no PAMGUARD pelo PMC-BS. 368
Figura V-149: Frequência de ocorrência (%) dos táxons identificados em 182 detecções de cetáceos no PMPAS-BS. 372
Figura V-150: Frequência de ocorrência de múltiplos táxons (excluindo os delfinídeos) nas detecções acústicas registradas por glider na Bacia de Santos. 373
Figura V-151: Frequência de ocorrência (%) das detecções acústicas de cetáceos registradas por glider durante o ciclo diário (dia/noite). 374
Figura V-152: Número de detecções acústicas do glider por intervalos de profundidade (metros). 375
Figura V-153: Distribuição das detecções acústicas de grupos taxonômicos de cetáceos registrados por glider do PMPAS-BS na Bacia de Santos. 376
Figura V-154: Sequência de notas isoladas da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), com uma nota indicada pelo círculo verde. Extraída do trecho C06_036_N_S_21m_160904_004305. 377
Figura V-155: Detecção acústica da família Delphinidae, com a ocorrência de assovios (indicados pela seta verde) e cliques de ecolocalização (indicados pela seta laranja). Extraída do trecho C06_049_S_N_7a_160910_071438. 377
Figura V-156: Detecção acústica da subordem Misticeti, apresentando sons conhecidos como grunhidos ou gemidos, com um exemplo indicado pelo círculo verde. Extraída do trecho C06_046_N_S_42m+31m+40_160908_202458. 378
Figura V-157: Detecção acústica da subordem Odontoceti, com a ocorrência de cliques de ecolocalização (indicados pela seta laranja). Extraída do trecho C06_036_N_S_21m_160904_004305. 378
Figura V-158: Detecção acústica do cachalote (*Physeter macrocephalus*), com a ocorrência de cliques de ecolocalização com longo intervalo entre pulsos. Extraída do trecho C05_019_N_S_4m_160718_183458. 379
Figura V-159: Detecção acústica com múltiplos táxons registrados, de um som classificado como nota isolada de baleia jubarte (indicado pela seta

verde) e uma cadeia de cliques de ecolocalização (indicado pela seta laranja). Extraída do trecho C06_007_N_S_50m_160820_220312. ... 380
Figura V-160: Lesões antrópicas, provável colisão com embarcação, em *Balaenoptera brydei*. Registro em 18/02/2017 (-23,84662; -45,22770). ... 390
Figura V-161: Lesões antrópicas, provável petrecho de pesca, em *Tursiops truncatus.* Registro em 20/07/2017 (-22,81966; -41,83288). ... 391
Figura V-162: Lesões antrópicas, provável petrecho de pesca, em *Steno bredanensis*. Registro em 01/02/2019 (-23,02725; -42,92193). ... 391
Figura V-163: Lesão similar a poxvírus, arredondada e bem delimitada, em *Stenella longirostris*. Registro em 08/02/2018 (-24,26010; -43,86865). ... 392
Figura V-164: Lesões semelhantes a poxvirus em *Delphinus* sp. Registro em 19/01/2020 (-24,34083; -46,27022). ... 392
Figura V-165: Lesões semelhantes a poxvirus em *Orcinus orca*. Registro em 25/08/2019 (-27,77251; -46,69611). ... 393
Figura V-166: Marcas de tubarão-charuto em *Stenella attenuata*. Registro em 22/09/2018 (-24,39348; -43,00130). ... 393
Figura V-167: *Xenobalanus globicipitis* em *Orcinus orca*. Registro em 19/01/2019 (-23,7394; -45,09275). ... 394
Figura V-168: Deformação, provavelmente congênita ou adquirida em *Stenella frontalis*. Registro em 25/07/2017 (-23,47333; -44,85064). ... 394
Figura V-169: Nódulos multifocais de etiologia desconhecida em *Pseudorca crassidens*. Registro em 16/03/2019 (-26,29788; -46,71944). ... 395
Figura V-170: Manchas esbranquiçadas, sem contorno bem-definido em *Megaptera novaeangliae*. Registro em 28/07/2018 (-23,06892; -43,33486). ... 395
Figura V-171: Mancha esbranquiçada (provável interação antrópica) em *Balaenoptera acutorostrata*. Registro em 10/03/2020 (-25,76944; -46,42222). ... 396
Figura V-172: Lesão esbranquiçada e bem-delimitada em *Globicephala* sp. Registro em 22/09/2018 (-24,39348; -43,00130). ... 396

Figura V-173: Percentual de amostras com HPA quantificáveis e sem HPA quantificáveis. Os números nas barras indicam o número de amostras. 402
Figura V-174: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Balaenoptera borealis*. 403
Figura V-175: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Balaenoptera brydei*. 403
Figura V-176: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Globicephala macrorhynchus*. 404
Figura V-177: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Globicephala* sp.. 404
Figura V-178: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Megaptera novaeangliae*. 405
Figura V-179: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Orcinus orca*. 405
Figura V-180: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Peponocephala electra*. 406
Figura V-181: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Stenella frontalis*. 406
Figura V-182: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Stenella longirostris*. 407
Figura V-183: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *S. bredanensis*. 407
Figura V-184: Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de *Tursiops truncatus*. 408
Figura V-185: (A) Atividade GST em tecido tegumentar de fêmeas e machos de *Tursiops truncatus*, (B) nível de transcritos de E2F1 em tecido tegumentar de *T. truncatus* coletados no Outono/Inverno (OI) e na Primavera/Verão (PV), (C) nível de transcritos de ESR2 em tecido tegumentar de *T. truncatus* coletados entre os anos de 2016 e 2019, (D) nível de transcritos de HSPA em tecido tegumentar de *T. truncatus* coletados entre os anos de 2016 e 2019, (E) concentração de DDTs totais em tecido adiposo de fêmeas e machos de *T. truncatus* e (F)

concentração de PCBs totais em tecido adiposo de fêmeas e machos de T. truncatus. Letras diferentes indicam diferença significativa (p < 0,05). 422

Figura V-186: Correlação entre os biomarcadores avaliados em tecido tegumentar de *Tursiops truncatus* (CYP1A, E2F1, ESR2, HSPA, UGT1, AhR, CYP1A WB e GST) e os valores de temperatura média mensal no local de coleta, profundidade no local de amostragem, e os níveis de organohalogenados (Mirex, PBDEs, DDTs e PCBs), HPAs prioritários e HPAs totais bioacumulados no tecido adiposo de *T. truncatus.* Correlações significativas de Spearman (p < 0,05) estão sinalizadas com o valor do coeficiente de correlação dentro do círculo. 425

Figura V-187: Análise de componentes principais (PCA) dos valores de biomarcadores bioquímicos e moleculares mensurados em tecido tegumentar de *Tursiops truncatus*. Losangos coloridos indicam indivíduos, categorizados com base no sexo, conforme legenda. Linhas sólidas indicam intervalo de confiança de 95% baseado no erro padrão dos valores de biomarcadores mensurados em indivíduos amostrados em 2016 (elipse roxa), 2017 (elipse preta) e 2018 (elipse verde). Os valores de POPs e HPAs abaixo do limite de detecção foram aleatorizados entre 0 – 0,01. 426

Figura V-188: Nível de transcritos de ESR2 em biópsias de pele de Stenella longirostris classificadas de acordo com a mediana da concentração do somatório de (A) DDTs e (B) PCBs no tecido adiposo. Letras diferentes indicam diferença significativa (p < 0,05) no teste de Mann-Whitney.. 428

Figura V-189: Correlação entre os biomarcadores avaliados em tecido tegumentar de Stenella longirostris (CYP1B, E2F1, ESR2, HSPA, UGT1, AhR, CYP1A WB e GST) e os níveis de organohalogenados (Mirex, ΣPBDEs, ΣDDTs e ΣPCBs), ΣHPAs prioritários e ΣHPAs totais bioacumulados no tecido adiposo de S. longirostris. Correlações significativas de Spearman (p < 0,05) estão sinalizadas com o valor do coeficiente de correlação dentro do círculo. OBS: ESR2 é o mesmo que ESR-b 430

Figura V-190: Análise de componentes principais (PCA) dos valores de biomarcadores bioquímicos e moleculares mensurados em tecido tegumentar de Stenella longirostris (n = 17). Losangos coloridos indicam indivíduos, categorizados com base no sexo, conforme legenda. Os valores de concentração dos poluentes orgânicos persistentes (POPs) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) abaixo do limite de detecção foram aleatorizados entre 0 – 0,01. 431

Figura V-191: (A) Nível de transcritos de CYP1B em fêmeas e machos de Stenella longirostris e (B) nível de transcritos de HSPA em *S. longirostris* classificadas de acordo com a estação do ano de coleta da biópsia. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) no teste de Mann-Whitney. 433

Figura V-192: Nível de transcritos de (A) ESR2, (B) E2F1 e (C) HSPA em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do PMC-BS. As amostras foram agrupadas de acordo com o ano de coleta da biópsia. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) e letras iguais indicam ausência de diferença no teste de Kruskall-Wallis sucedido pelo teste de Dunns. 436

Figura V-193: Níveis de (A) ΣHPA prioritários, (B) ΣPCBs (C) ΣDDTs bioacumulados em tecido adiposo de *Tursiops truncatus, Stenella longirostris e Balaenoptera brydei* coletadas no âmbito do PMC-BS. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) de acordo com teste Kruskal-Wallis. 440

LISTA DE ANEXOS

Anexo III-1: Procedimentos Operacionais do PMC 511

Anexo V.1.2-1: Resultados da identificação genética das amostras por DNAmt e sexagem molecular. * Espécies identificadas em campo que não foram corroboradas pelos resultados genéticos. N/A = not available. Identificação dos haplótipos: HT = *Tursiops truncatu*s, HSO = *Sotalia guianensis*, HDD = *Delphinus delphis*, HSB = *Steno bredanensis*, HSF = Stenella frontalis, HSL = *S. longirostris*, HSA = *S. attenuata*, HSC = *S. clymene*, HGM = *Globicephala macrorhynchus*, HO = *Orcinus orca,* HPE = *Peponocephala electra*, HPM = *Physeter macrocephalus*, HBE = *Balaenoptera brydei*, HBB = *B. bonaerensis*, HBa = *B. acutorostrata,* HBM = *B. musculus*, HBP = *B. physalus*, HBb = *B. borealis,* HBA e HGA = *M. novaeangliae,* HEA = *Eubalaena australis*. 594

Anexo V.3.3-1: Diversidade dos locos de microssatélites para as espécies de cetáceos amostradas na Bacia de Santos. n = número de amostras, K = número de alelos por loco. 616

Anexo V.4.2-1: Descrição das 50 variáveis acústicas medidas para os assovios de delfinídeos na Bacia de Santos através do algoritmo ROCCA (Real-time Odontocete Call Classification Algorithm), pacote integrante do programa PAMGUARD. 618

ANEXO V.5.3-1: ΣPCBs, ΣDDTs, ΣPBDEs, Mirex e HPAs prioritários como fatores categorizadores 621

ANEXO V.5.3-2: HPAs e os POPs Mirex e PBDEs como fatores 630

ANEXO V.5.3-3: Principais Resultados (Biomarcadores) 639

Anexo VI.3-1: Trabalhos Acadêmicos Desenvolvidos com dados do PMC-BS 643

Anexo VI.3-2: Relatório de Divulgação dos 5 anos do PMC-BS 648

APRESENTAÇÃO

O Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS foi concebido e é executado para atender demanda do Processo de Licenciamento Ambiental - IBAMA Nº 02001.114289/2017-80 - conduzido pela Coordenação Geral de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Marinhos e Costeiros – CGMac, da Diretoria de Licenciamento Ambiental – DILIC, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O PMC-BS teve início em 2015 e desde então é executado pela empresa de consultoria ambiental SOCIOAMBIENTAL Consultores Associados, sob a supervisão técnica e gerencial da equipe da PETROBRAS, mediante contrato nº 2400.0097391.15.2.

Este 5º Relatório Anual do PMC-BS é apresentado em dois volumes (Volume I: Apresentação e Discussão de Resultados Orientados aos Objetivos e Volume II: Guia de Identificação e Síntese do Conhecimento sobre os Cetáceos da Bacia de Santos). O Volume I apresenta a consolidação do processamento dos dados e análises dos cinco primeiros anos de execução do PMC-BS, conforme previsto em seu Projeto Executivo, aprovado pelo IBAMA em julho de 2015, constituindo uma atualização baseada no processamento e na análise cumulativa de dados gerados com a execução do PMC-BS. Desta forma, buscou-se o aprofundamento das diversas análises com base nos novos dados coletados sobre cetáceos nos ciclos 9 e 10 de campanhas de campo, assim como em novos cruzamentos de atividades antropogênicas com a distribuição e a presença de cetáceos.

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO 5º RELATÓRIO ANUAL DO PMC-BS

Nomes	Formação	Atuação
Coordenação e Gerência		
Ricardo Müller Arcari	Engº. Sanitarista e Ambiental	Gerente do Contrato
José Olimpio da Silva Jr.	Biólogo, Me. em Geografia	Coordenação Geral
Leonardo Liberali Wedekin	Biólogo, Dr.	Coordenação Técnica e Coord. Avist. Embarcada
Aline Fernandes de Faria Gonçalves	Biólogo, Esp. Gestão Ambiental	Gerência Executiva
Ana Lúcia Cypriano de Souza	Bióloga, Dra.	Coordenação Temática de Genética
Carolina Bezamat Abreu	Biólogo, Dra.	Coord. Temática de Avistagem Aérea
Marcos R. Rossi dos Santos	Biólogo, Dr.	Coord. Temática de Bioacústica
Marta Jussara Cremer	Bióloga, Dra.	Coord. Temática de Telemetria
Outros Responsáveis Técnicos do PMC-BS		
Alexandre Douglas Paro	Biólogo, Me.	Processamento e Análise de MAP
Fábio Daura-Jorge	Biólogo, Dr.	Fotoidentificação
Vitor Zimmermann	Geógrafo	Geoprocessamento/SIG
Responsáveis Técnicos do Item sobre Análises de HPA e Biomarcadores		
Afonso Celso Dias Bainy	Oceanólogo, Dr.	Processamento e Análise Biomarcadores (LABCAI - UFSC)
Rafael André Lourenço	Químico, Dr.	Processamento e Análise de HPA (IO - USP)

I. INTRODUÇÃO

O 5º Relatório Anual do PMC-BS consiste na consolidação de dados e análises proporcionados pelos cinco anos de andamento das atividades deste projeto (2015 ao primeiro semestre de 2020), período em que foram realizadas 30 campanhas de campo, executadas em dez ciclos semestrais, para a aplicação dos diversos métodos amostrais previstos para atender aos objetivos do projeto. Cada ciclo semestral foi composto por uma campanha de Avistagem Embarcada e Monitoramento Acústico Passivo (MAP), uma de Telemetria e uma de Avistagem Aérea. As campanhas realizadas no segundo semestre de 2020 não foram contempladas no presente relatório e serão incluídas no 6° Relatório Anual (relatório consolidado do período de curto prazo).

O acúmulo de dados e análises ao longo dos anos permitiram que este documento tenha buscado a análise, discussão e a consolidação dos dados e informações relativas à biologia das espécies de cetáceos registradas (riqueza, distribuição, densidade, abundância, usos de habitats e alguns padrões de comportamento), além do aprofundamento da avaliação de possíveis interferências antropogênicas sobre a comunidade de cetáceos, a exemplo do que já vinha sendo feito, sobretudo no 4º Relatório Anual. Apesar do aprofundamento das questões relacionadas às interferências humanas apresentadas neste documento, uma avaliação sobre as atividades de pesquisa sísmica e ocorrência de cetáceos será realizada somente no 6º Relatório Anual (consolidado), com previsão de entrega em 2021.

A elaboração dos relatórios segue uma lógica de acúmulo crescente de dados, a possibilidade de uma abordagem sazonal e de comparação de dados de uma série temporal mínima. Também foi aprofundado o cruzamento dos dados do PMC-BS com outros dados, sejam estes de aspectos naturais ou antropogênicos, disponíveis ou que estejam sendo gerados em outros programas de monitoramento ambiental desenvolvidos pela PETROBRAS na Bacia de Santos.

A estrutura e a abordagem deste relatório buscaram a consolidação de alguns aspectos da biologia das espécies (p.ex., uso de habitat, distribuição, abundância e movimentos) e o aprofundamento da abordagem dos Relatórios Anuais anteriores, incluindo os cruzamentos com dados atualizados de outros projetos de monitoramento na Bacia de Santos, com destaque ao Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina – PMPAS-BS, desenvolvido pela PETROBRAS. Neste sentido, neste relatório, além de serem abordados dados físico-químicos e biológicos disponíveis em base de dados oceanográficos, foram atualizados dados a partir dos projetos de monitoramento desenvolvidos pela PETROBRAS: o Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações – PMTE, o Programa de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina – PMPAS, e o Projeto Monitoramento da Atividade Pesqueira na Bacia de Santos – PMAP. Desta forma, mesmo não se tendo esgotado as possibilidades de análises, considera-se que, para esta etapa, os objetivos do PMC-BS foram todos abordados neste Relatório Anual.

Este 5º Relatório Anual traz, inicialmente, um breve resumo executivo com a síntese dos resultados obtidos pelo PMC-BS até o presente, em seus cinco anos de implementação. Após esse resumo, é feita a descrição dos métodos de coleta utilizados. O item seguinte é o principal deste Relatório, com os resultados provenientes de diferentes métodos e combinações destes orientados para os objetivos do Projeto. Finalmente, é apresentada uma reflexão crítica sobre cada objetivo específico do PMC-BS e os avanços em relação ao Relatório Anual anterior no item de considerações finais.

II. RESUMO EXECUTIVO

O Projeto de Monitoramento de Cetáceos (PMC-BS) vem sendo executado pela Petrobras desde 2015, completando em 2020 cinco anos de execução como uma das condicionantes exigidas pelo IBAMA no licenciamento ambiental das atividades de exploração e produção de óleo e gás natural da PETROBRAS na Bacia de Santos. O projeto visa **avaliar os potenciais impactos das atividades de exploração, produção e escoamento de petróleo e gás natural da PETROBRAS na Bacia de Santos sobre os cetáceos**, através do monitoramento em longo prazo das populações nas áreas costeiras e oceânicas da Bacia de Santos. O Projeto utiliza uma abordagem multi-plataformas (**Figura II-1**) e multi-métodos aplicados de forma integrada para atingir seus objetivos, com uso de diversas tecnologias para auxílio da coleta, processamento e análise dos dados e amostras.

Figura II-1: *Plataformas de coleta do PMC-BS*

A região monitorada vai de Florianópolis/SC até Arraial do Cabo/RJ e cobre um grande gradiente que vai de águas costeiras a oceânicas, atingindo uma distância de até 350 km da costa. A área monitorada corresponde ao tamanho da Alemanha ou do estado do Mato Grosso do Sul.

Em cinco anos do PMC-BS (até março de 2020), foram executadas **30 campanhas de coleta de dados**, sendo 10 campanhas de avistagem embarcada, 10 campanhas de avistagem aérea e 10 campanhas de telemetria. Neste período, foi realizado um esforço de **692 dias de campo, 7.114,7 horas e percorridos mais de 144 mil quilômetros**, correspondendo a 3,6 voltas ao mundo. Este constitui um esforço intensivo e sistemático sem precedentes na costa brasileira, resultando em 2.431 detecções visuais e 1.096 detecções acústicas de grupos de cetáceos.

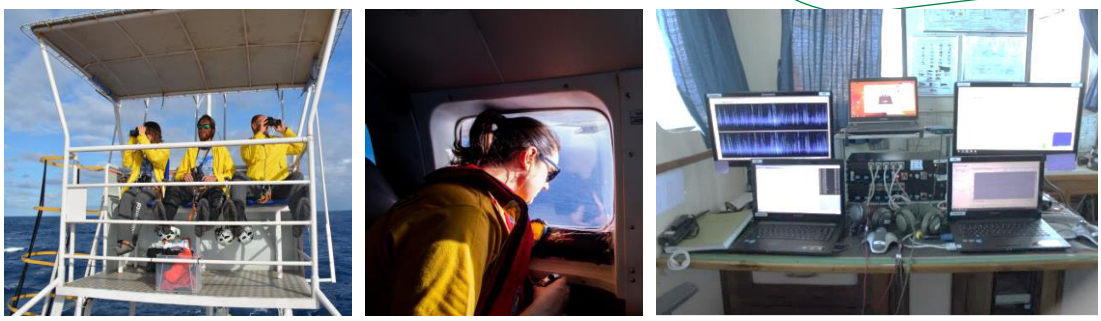


Figura II-2: *Esforço visual e acústico de detecção de cetáceos no PMC*

Com base nas identificações visuais e auxílio de técnicas genéticas, foi possível identificar **27 espécies de cetáceos** distribuídos em sete famílias. Deste total, 19 espécies foram de odontocetos (golfinhos e baleias com dentes) e 8 espécies de misticetos (baleias verdadeiras com barbatanas), (ver lista no item V.1.1 deste relatório). Destacam-se pelo menos **7 espécies (25,9%) de espécies classificadas com algum grau de ameaça de extinção**: a baleia-azul, baleia-fin, baleia-sei, baleia-franca-austral, cachalote, boto-cinza e a toninha.

Figura II-3: *Exemplos de espécies de misticetos registrados na Bacia de Santos: baleia-jubarte (sup. esq.), baleia-sei (sup. dir.), baleia-minke-anã (inf. esq.) e baleia-azul (inf. dir.).*

Figura II-4: *Exemplos de espécies de odontocetos registrados na Bacia de Santos: cachalote (sup. esq.), golfinho-comum (sup. dir.), golfinho-rotador (inf. esq.) e golfinho-nariz-de-garrafa (inf. dir.).*

A **abundância total de misticetos na Bacia de Santos chegou a 4.200 baleias**, com maiores estimativas no inverno, temporada de reprodução das grandes baleias em águas brasileiras. A abundância da baleia-jubarte, o misticeto mais abundante, foi estimada em até 1.486 indivíduos. No inverno de 2019 foi realizada uma colaboração entre o Projeto Baleia Jubarte e o PMC-BS para realizar um extenso levantamento aéreo cobrindo toda a região reprodutiva da baleia-jubarte na costa brasileira. O sobrevoo resultou em uma visão ampla sobre a área reprodutiva da espécie, com estimativa de abundância para a toda a área de estudo de 14.618 baleias (IC 95% = 8.185 – 26.108). Os dados de estimativa para a Bacia de Santos indicam que a abundância de baleias-jubarte na Bacia de Santos representa cerca de 5 a 10% da abundância total desta espécie na costa brasileira.

As **estimativas para delfinídeos** variaram consideravelmente entre as campanhas, **chegando a mais de 100 mil indivíduos**, a depender da

plataforma utilizada para estimativa (aérea ou embarcada). Os odontocetos mais abundantes foram o golfinho-pintado-do-Atlântico, com população estimada em até 28,6 mil indivíduos, e o golfinho-nariz-de-garrafa, com população estimada chegando a quase 13 mil animais.

Foram coletadas biópsias de **448 indivíduos de 20 espécies de cetáceos**. A maioria das espécies de cetáceos avaliadas apresentou alta diversidade genética, com exceção da baleia-de-Bryde e do golfinho-de-dentes-rugosos, que exibiram uma baixa diversidade genética. A genética também auxiliou na identificação taxonômica de espécies de difícil diagnóstico em campo, como o golfinho-comum-de-bico-curto (*Delphinus delphis*) e a baleia-piloto-de-peitorais-curtas (*Globicephala macrorhynchus*).

A distribuição espacial dos cetáceos foi descrita pelas detecções visuais e auxiliada por detecções acústicas. As detecções acústicas foram importantes para o registro de grupos de difícil detecção visual, como os kogídeos e baleias-bicudas. A frequência de detecções foi influenciada por variáveis ambientais que interferem na disponibilidade de presas, nas condições para capturá-las e no sucesso reprodutivo dos cetáceos.

A quebra da plataforma continental, região denominada de talude onde a profundidade decresce abruptamente de 200 para 2.000 metros, foi um dos principais habitats identificados da comunidade de cetáceos. Ao longo do talude, um cânion submarino localizado na latitude de Cananéia (SP) destacou-se pela grande concentração de avistagens.

Os dados de distribuição de cetáceos misticetos e odontocetos foram modelados estatisticamente em função de variáveis ambientais e variáveis antrópicas. Esta modelagem só foi possível por meio da integração de dados do PMC-BS com outros projetos executados pela PETROBRAS, como o Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina (PMPAS-BS), Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira (PMAP-BS) e Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE-BS).

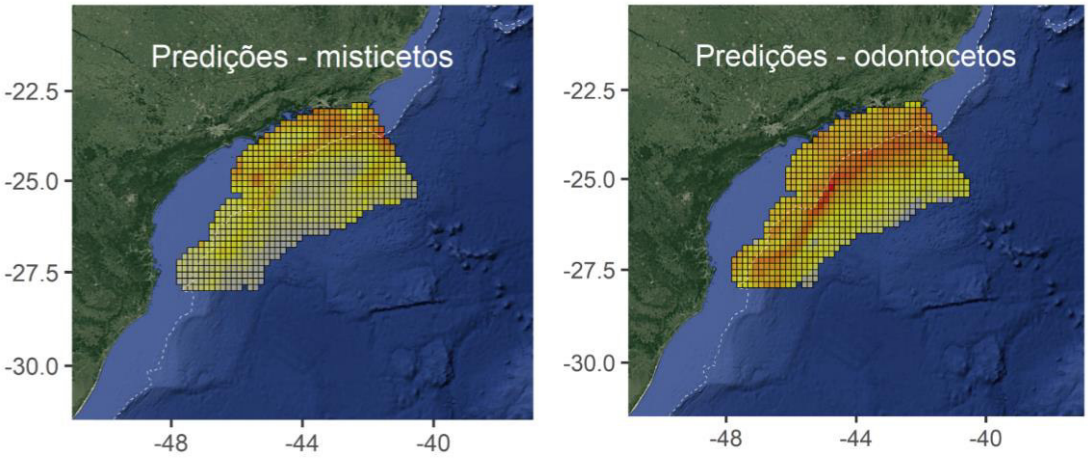


Figura II-5: *Regiões de maior concentração de cetáceos na Bacia de Santos, indicadas pelas cores vermelhas nos mapas.*

O movimento de 13 espécies de cetáceos (cinco misticetos e sete odontocetos) foi descrito por meio da implantação de transmissores satelitais em 46 indivíduos para os quais houve a transmissão dos dados. Foram registrados **movimentos migratórios para além da área de estudo de cinco espécies de misticetos** (baleia-azul, baleia-fin, baleia-sei, baleia-minke-Antártica e baleia-jubarte) (**Figura II-6**). No que se refere aos odontocetos, cabe destaque para os movimentos de longa distância de um cachalote, de uma orca e de um golfinho-nariz-de-garrafa.

Foram obtidas informações sobre o comportamento de mergulho de 11 espécies de cetáceos. Para a baleia-azul e baleia-fin foram registradas as maiores profundidades de mergulho já documentadas para estas espécies, de 383,7 e 209,5m, respectivamente. Dentre os odontocetos, o **cachalote foi a espécie que realizou os mergulhos mais profundos** (até 1.447,5 m) **e os mais longos** (até 65,8 min). O cachalote e a baleia-piloto-de-peitorais-curtas (com um mergulho de até 959,5 m) foram as únicas espécies a realizarem mergulhos em profundidades superiores a 500 m.

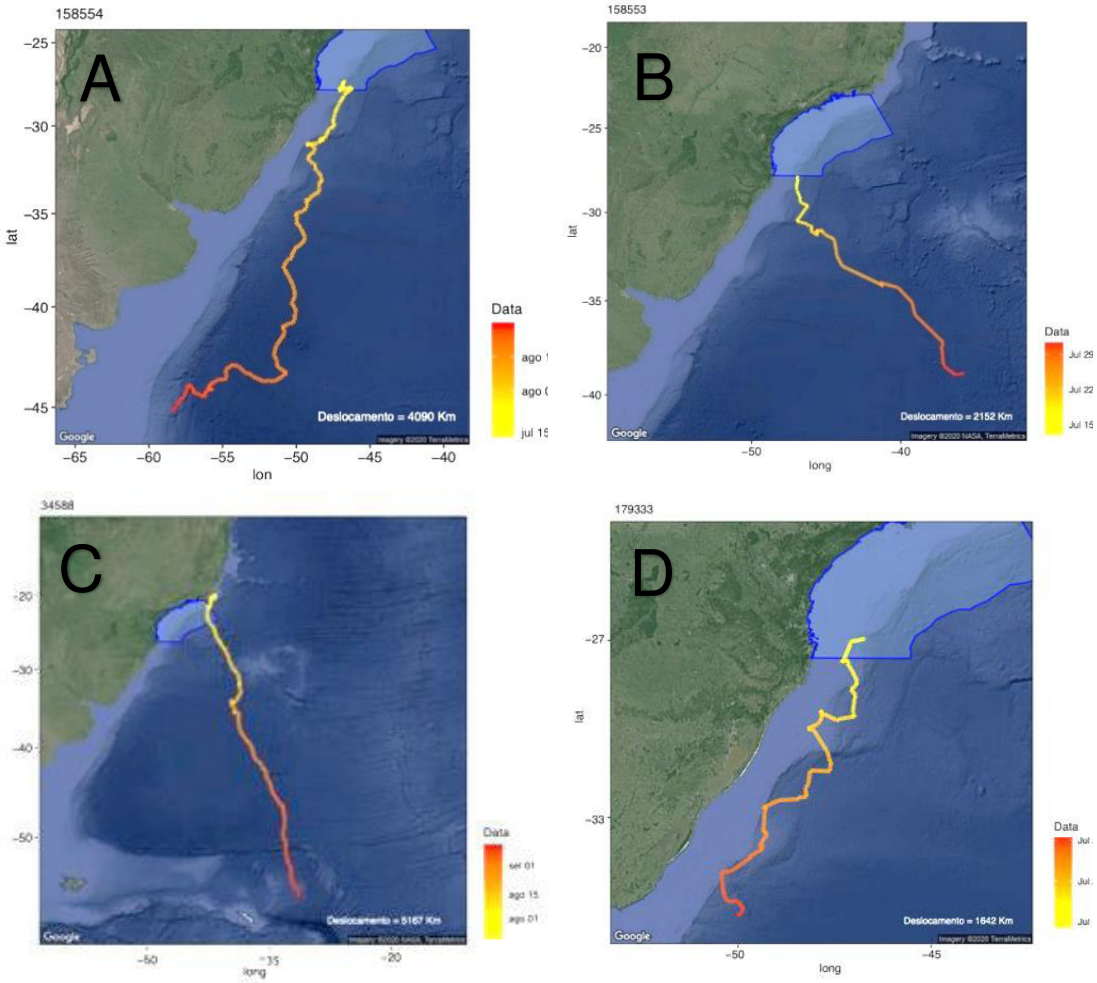


Figura II-6: *Movimentos migratórios de quatro espécies de misticetos registrados pelo PMC-BS com base em transmissores satelitais: (A) baleia-azul (PTT 158554); (B) baleia-fin (PTT 158553); (C) baleia-jubarte (PTT 34588); e (D) baleia-minke-Antártica (PTT 179333). PTT = número único de identificação do transmissor satelital.*

A fotoidentificação se valeu do processamento de 144.340 registros fotográficos, com catálogos de referência elaborados para **26 espécies e 2.272 indivíduos catalogados**. No total, via comparações com outros grupos ou comparações internas de catálogos do PMC-BS, foram realizadas 146 reavistagens de 14 espécies. Dentre os movimentos migratórios descritos por dados de fotoidentificação em comparações entre o catálogo do PMC-BS e de outras instituições internacionais (**Figura II-7**), destaque para a reavistagem de uma baleia-sei entre a Bacia de Santos e as Ilhas Malvinas, representando um deslocamento linear de aproximadamente 3500 km (WEIR et al., 2020); e para

o movimento de uma baleia-jubarte entre o Arquipélago de Cagarras (RJ) e a Península Antártica.

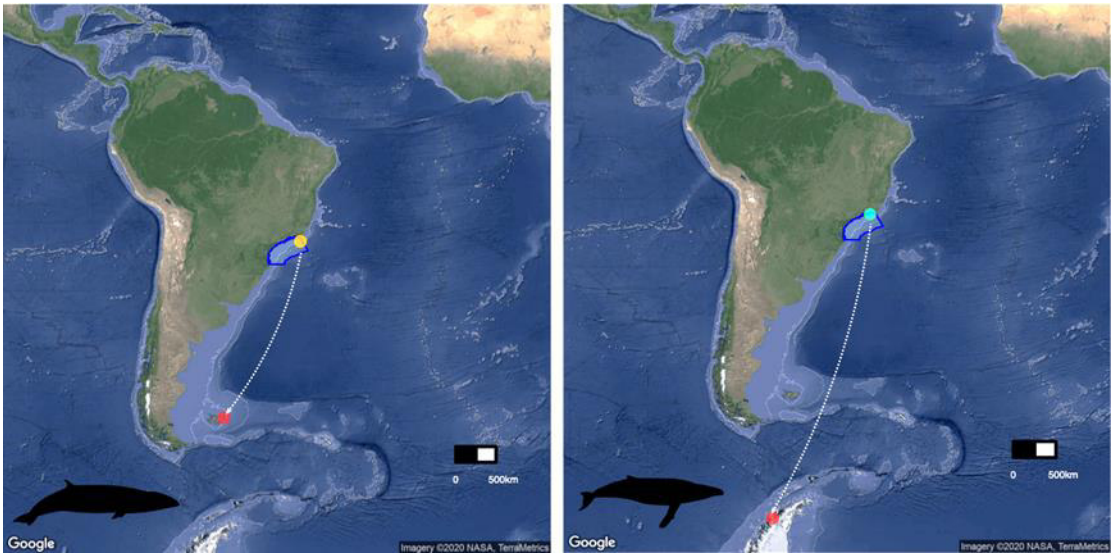


Figura II-7: *Movimentos migratórios constadados por fotoidentificação para a baleia-sei (esquerda) e baleia-jubarte (direita).*

Os dados de fotoidentificação também descrevem padrões de movimento em pequena escala e algum grau de **residência e/ou fidelidade de algumas espécies/populações à determinadas áreas** (**Figura II-8**), como o golfinho-de-dentes-rugosos (residência ou fidelidade à faixa de costa entre o Rio de Janeiro e São Paulo) golfinho-pintado-do-Atlântico (fidelidade à região próxima a Ilha de São Sebastião - SP), golfinho-nariz-de-garrafa (também reavistado com frequência na faixa de costa entre o Rio de Janeiro e São Paulo) e baleia-de-Bryde (residência ou fidelidade à faixa de costa entre o Rio de Janeiro e São Paulo). Enfim, os registros de fotoidentificação documentaram também **13 tipos diferentes de lesões de pele em 26 espécies** (exemplos na **Figura II-9**).

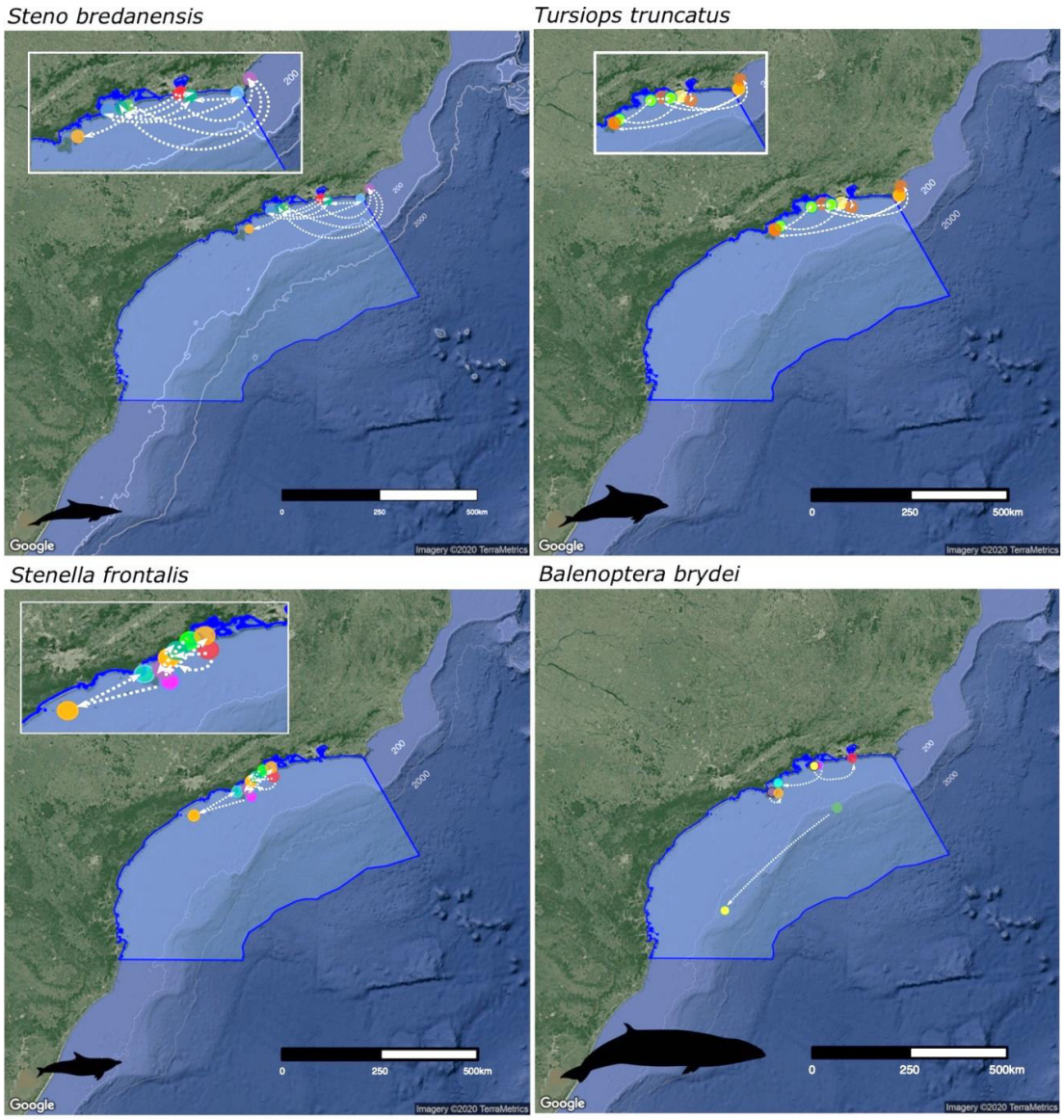


Figura II-8: *Movimentos em pequena escala por meio de fotoidentificação de golfinho-de-dentes-rugosos, golfinho-nariz-de-garrafa, golfinho-pintado-do-Atlântico e baleia-de-Bryde sugerindo um padrão de residência e/ou fidelidade à área costeira entre a Ilha de São Sebastião (SP) e Cabo Frio (RJ).*

Figura II-9: *Lesão antrópica em baleia-de-Bryde (colisão com embarcação) e em golfinho-nariz-de-garrafa (interação com artefato de pesca).*

III. MÉTODOS

As grandes plataformas de coleta de dados utilizadas para atender aos objetivos do PMC-BS, conforme previsto no Projeto Executivo, resumidamente consistem em campanhas de Avistagem Embarcada e Monitoramento Acústico Passivo (MAP), campanhas de Telemetria e campanhas de Avistagem Aérea. Durante as campanhas embarcadas (Avistagem/MAP e Telemetria), foram usados meios para obtenção de biópsia (amostras de pele e gordura) e fotografias que permitiam a identificação individual dos cetáceos. Este relatório aborda os dados coletados nos cinco anos do PMC-BS até o momento, totalizando 30 campanhas de campo. As principais linhas de atuação na coleta de dados do PMC-BS são descritas a seguir:

- **Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP**

Realizadas em caráter semestral, as campanhas de Avistagem Embarcada e MAP são executadas durante cerca de 43 dias cada. Os cinco anos de implementação do PMC-BS até o primeiro semestre de 2020 englobaram a realização de um total de dez campanhas embarcadas usando o método de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*). As linhas de transecção foram posicionadas sistematicamente na Bacia de Santos e abrangeram tanto águas profundas quanto rasas. Os registros visuais e acústicos possibilitaram a busca de dados sobre ocorrência, riqueza, densidade, abundância e distribuição das espécies.

- **Campanhas de Avistagem Aérea**

Semestralmente, a realização de sobrevoos, executados geralmente em até dez dias de mobilização, permitiu que toda a Bacia de Santos fosse amostrada em um curto período. As dez campanhas aéreas realizadas nos cinco anos do PMC-BS até o primeiro semestre de 2020 contaram com a utilização do método de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*), sistematicamente distribuídas na Bacia de Santos. Assim, amostraram-se tanto em águas profundas quanto em rasas, buscando

a obtenção de dados sobre ocorrência, riqueza, densidade, abundância e distribuição das espécies.

- **Campanhas de Telemetria**

As campanhas de Telemetria foram executadas semestralmente e tiveram como objetivo principal a implantação de transmissores satelitais ou arquivais com sistema de rastreamento VHF para a obtenção de dados de movimento, padrões comportamentais e de uso de habitat dos cetáceos. Essas campanhas duraram 25 dias cada, com exceção da Campanha 4 de Telemetria, que se prolongou por 37 dias. Durante as dez campanhas de Telemetria realizadas nos cinco anos do PMC-BS até o primeiro semestre de 2020, o esforço se concentrou em cobrir regiões com maior densidade de cetáceos, como águas mais rasas (até 50 metros) e mais profundas, na região do talude continental (200 a 1.500 metros). A amostragem nessas campanhas foi mais flexível, de maneira a se ajustarem às condições do mar e à ocorrência de espécies de cetáceos com potencial para marcação, com vistas a aumentar a probabilidade de instalação de transmissores.

- **Fotoidentificação**

Os registros de fotoidentificação foram obtidos primariamente durante as Campanhas de Telemetria e oportunisticamente nas Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP. Os registros fotográficos e o uso das marcas naturais observadas em diversos cetáceos permitiram realizar a identificação individual dos espécimes avistados para a análise de padrões de fidelidade e residência em determinadas áreas e movimentos individuais em diferentes escalas, assim como o registro de patologias de pele que contribuíssem para a análise do estado de saúde dos indivíduos.

- **Biópsias para Análises Genéticas, de Biomarcadores e de HPA**

A coleta de biópsias de tecido (amostras de pele e gordura) de cetáceos foi realizada prioritariamente nas Campanhas de Telemetria e oportunisticamente nas Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP. As amostras foram obtidas por meio de coleta remota com balestra (besta) e

flechas com ponteiras adaptadas para retirar um pedaço de pele e gordura. As frações de amostras foram devidamente acondicionadas em nitrogênio líquido, geladeira e/ou álcool para envio aos diversos laboratórios de análise. As amostras para análise de biomarcadores foram remetidas ao Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica, da Universidade Federal de Santa Catarina (LABCAI/UFSC). As amostras de HPA foram remetidas ao Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica do Instituto Oceanográfico, da Universidade de São Paulo (IO-USP). Por último, as análises genéticas foram executadas pelo Laboratório de Biologia Genômica e Molecular, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), em Porto Alegre-RS.

Os itens seguintes trazem uma descrição sucinta das plataformas e dos métodos utilizados para coleta de dados em cada área temática descrita acima. Mais detalhes sobre a coleta e o processamento dos dados das diversas áreas temáticas estão disponíveis em procedimentos operacionais detalhados, que permitem a replicação das coletas e o processamento de dados realizados no âmbito do PMC-BS. Os métodos específicos de análise dos dados são descritos no item IV sobre Resultados e Discussão orientados para os objetivos específicos do projeto.

III.1 Plataformas de Pesquisa

Uma embarcação do tipo mini *supply*, de 23,7 metros de comprimento e 6,0 metros de boca, serviu como plataforma principal para a coleta de dados das áreas temáticas de Avistagem Embarcada, MAP e Telemetria (**Figura III-1**). A embarcação possui acomodações para 12 pesquisadores e 6 tripulantes, e tem autonomia para até 45 dias de mar. A embarcação conta com dois motores Cummins de 325 HP cada.

Dois a três botes infláveis operaram durante os procedimentos de marcação com transmissores nas Campanhas de Telemetria. O bote principal tem 6,3 metros de comprimento e motor de popa de 115 HP, e começou a ser usado no PMC-BS a partir da Campanha 2. O bote de segurança tem 5 metros

de comprimento e motor de popa de 50 HP e foi utilizado como bote principal na Campanha 1, passando a operar como bote de segurança a partir da Campanha 2 (**Figura III-2**). Estes botes possuem uma plataforma de aço inox na proa para facilitar os procedimentos de instalação de transmissores, principalmente no caso dos implantáveis e dos transmissores arquivais. O bote principal foi a plataforma de marcação utilizada na grande maioria dos procedimentos, com exceção da segunda campanha, quando a proa do Sea Route também foi utilizada como plataforma de marcação dos transmissores satelitais em caráter experimental. Um terceiro bote menor, de 4,2 m de comprimento e motor de popa de 50 HP, foi utilizado na Campanha 1 como bote de apoio e, a partir da Campanha 2, foi utilizado como bote reserva.

Figura III-1: *Vista geral da embarcação Sea Route, utilizada para as coletas de dados embarcados nos cinco primeiros anos do PMC-BS.*

Figura III-2: *Vista geral do bote inflável principal (6,3 m), usado na Campanha de Telemetria do PMC-BS. Ver texto para detalhes.*

Figura III-3: *Vista geral do bote inflável de segurança e reserva de marcação usado nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS. Ver texto para detalhes.*

Uma aeronave *AeroCommander 500* (matrícula PT-KUK) de asa alta foi utilizada nas Campanhas 1 a 4 e na Campanha 10 de Avistagem Aérea (**Figura III-4**). A aeronave possui dois motores *Lycoming* convencionais de 290 HP cada, envergadura de 14,95 m, comprimento de 11,22 m, peso máximo de 3.060 kg. Foram utilizadas aeronaves *Cessna 208B Grand Caravan* nas Campanhas 5 e 6 (Matrícula PR-CMD; **Figura III-5**) e Campanha 9 (Matrícula PT-MED; **Figura III-6**). Este modelo de aeronave possui motor turboélice *Pratt & Whitbney PT6*, com envergadura de 15,87 m, comprimento de 11,46 m e peso máximo de 3.969 kg. As campanhas 7 e 8 contaram com uma aeronave *Cessna Caravan 208* (Matrícula PT-WOS; **Figura III-7**).

As aeronaves estavam equipadas com duas janelas em bolha (uma em cada lado), permitindo uma melhor observação das regiões à frente e abaixo da aeronave. Esta condição permite que os observadores maximizem a detecção de grupos próximos à linha de transecção para satisfazer uma das premissas do método de *Distance Sampling*.

Figura III-4: *Vista geral da aeronave AeroCommander 500, utilizada nos ciclos 1 a 4 e 10 do PMC-BS.*

Figura III-5: *Vista geral da aeronave Cessna 208B Grand Caravan, utilizada nos ciclos 5 e 6 do PMC-BS.*

Figura III-6: *Vista geral da aeronave Cessna 208B Grand Caravan, utilizada no ciclo 9 do PMC-BS.*

Figura III-7: *Vista geral da aeronave Cessna Caravan 208, utilizada nos ciclos 7 e 8 do PMC-BS.*

III.2 Avistagem Embarcada

A aplicação da metodologia de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*) durante as Campanhas de Avistagem Embarcada (BUCKLAND et al., 2001) seguiu as premissas descritas no Projeto Executivo (PETROBRAS, 2015) e detalhadas no **Procedimento Operacional 03** (**Anexo III-1**). A metodologia consiste em percorrer um conjunto de linhas de transecção e realizar a contagem de cetáceos ao longo dessas linhas (BUCKLAND et al., 2001). As linhas foram desenhadas para cobrir a Bacia de Santos de forma sistemática e homogênea, permitindo que as contagens sejam extrapoladas para toda a área, visando estimar a densidade e abundância. O traçado das linhas segue um ziguezague que é deslocado entre 60 e 90 km de uma campanha à outra para evitar vieses espaciais na amostragem. O traçado das linhas seguiu uma orientação perpendicular à costa, cruzando o gradiente de profundidades da área de estudo.

A embarcação percorreu as linhas de transecção a uma velocidade média de 7 nós. O esforço amostral foi realizado durante todo o período de luz natural

(iniciando entre 6 e 7 horas e finalizando entre 18 e 19 horas), com três observadores simultâneos posicionados no ponto mais alto da embarcação, em uma torre construída para este fim a uma altura de aproximadamente 7 metros acima do nível do mar (**Figura III-8**). Por motivo de segurança e para garantir a qualidade das coletas, o esforço amostral visual nas Campanhas de Avistagem Embarcada foi realizado até o estado do mar 5 na escala Beaufort. Os três observadores rotacionaram a cada 40 minutos as posições, revezando-se com outros dois observadores em descanso, consistindo em um turno de 2 horas de observação e 1 hora e 20 minutos de descanso. Os observadores em esforço procuraram grupos de cetáceos a olho nu e com auxílio de binóculos (7x50 e 15x50). O esforço amostral foi rigorosamente controlado e registrado, tanto temporal como espacialmente (função *track* do GPS).

Figura III-8: *Detalhe da torre de observação da embarcação com observadores em esforço durante campanhas embarcadas do PMC-BS.*

A cada detecção de um grupo de cetáceo, o ângulo horizontal (com uma alidade) e o vertical (com o binóculo reticulado) foram registrados. Isso permitiu

a obtenção da distância perpendicular e a correção da posição geográfica (registrada com um GPS). As informações anotadas adicionalmente para cada detecção de cetáceo são as seguintes: hora, espécie ou menor nível taxonômico identificado, tamanho e composição do grupo, presença de filhotes e comportamento. O reconhecimento das espécies contou com o auxílio de guias de identificação (SHIRIHAI; JARRET, 2006; LODI; BOROBIA, 2013; JEFFERSON et al., 2015), sempre procurando obter registros fotográficos para auxiliar a identificação.

Para todas as plataformas de coleta visual de cetáceos (Campanha de Avistagem Embarcada, Campanha de Avistagem Aérea e Campanha de Telemetria), uma detecção correspondeu a um grupo, definido como um animal solitário ou qualquer agregação de indivíduos de uma mesma espécie em uma mesma área com comportamento coordenado ou não.

III.3 Monitoramento Acústico Passivo (MAP)

O monitoramento acústico passivo (MAP) foi executado conjuntamente com o esforço de observação visual durante as campanhas de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS. A embarcação rebocou um arranjo de hidrofones para monitorar continuamente em tempo real. Dois operadores experientes dedicaram-se exclusivamente à operação, com o objetivo de detectar, classificar e localizar todas as detecções acústicas de cetáceos possíveis durante todas as campanhas de Avistagem Embarcada e MAP executadas pelo PMC-BS. A execução do esforço de MAP foi simultânea à execução do esforço de avistagem, com exceção de períodos em que as condições climáticas implicavam a paralisação do esforço visual, permanecendo apenas o esforço acústico. Os esforços visuais e acústicos foram conduzidos de forma independente um do outro, e o método de detecção acústica não interferiu na capacidade de detecção visual. Por motivos de segurança, o esforço de MAP foi interrompido em áreas costeiras de profundidade abaixo de 20 metros.

Equipamentos do MAP - Parte Molhada

O arranjo de hidrofones e o cabo de reboque compõem a parte molhada do sistema, unidos por conectores à prova d'água. Ambos ficam armazenados em um guincho hidráulico e são lançados ao mar durante o início do esforço e recolhidos no final do dia (**Figura III-9**). Os procedimentos de lançamento e recolhimento do arranjo de hidrofones estão descritos no **Procedimento Operacional 04** (**Anexo III-1**).

Figura III-9: *Lançamento do arranjo de hidrofones e cabo de reboque.*

O PMC-BS dispõe de dois arranjos de hidrofones. Os hidrofones e pré-amplificadores permanecem dentro de um tubo de poliuretano vedado, de aproximadamente 4 m de comprimento, preenchido com óleo inerte (óleo de rícino). Na extremidade anterior, o tubo tem um conector que se acopla ao cabo de reboque. São 4 hidrofones no total, divididos em pares. Há um par para a detecção de eventos acústicos de alta frequência (até 170 kHz) e outro para os eventos acústicos de baixa a média frequência (1 kHz - 48 kHz) (**Tabela III-1**).

Os pré-amplificadores possuem ganho de 33 dB e filtro passa-altas com frequência de corte de 1 kHz. Os arranjos também possuem um sensor de pressão hidrostática para o monitoramento da profundidade do arranjo (Keller - série 7).

Tabela III-1: *Especificações dos hidrofones usados durante o MAP no PMC-BS.*

Característica	Par de frequências baixas a médias	Par de frequências altas
Fabricante (Modelo)	APC (42-1021)	Teledyne Reson (TC 4013)
Diâmetro externo (mm)	19,0 ± 0,15	8,0
Diâmetro interno (mm)	26,0 ± 0,20	ND*
Tamanho (mm)	20,0 ± 0,15	22
Capacitância (nF)	11,6	3,4
Freq. de ressonância (kHz)	83	>200
Resposta de frequência (kHz)	1 -100	1 -170
Espaçamento entre hidrofones (m)	3,80 m (Turquoise) 2,03 m (Bahia)	1,01 m (Turquoise) 0,53 m (Bahia)

*ND = Não Disponível (não fornecido pelo fabricante)

Equipamentos do MAP - Parte Seca

A parte seca consiste no cabo de convés e no Sistema de Processamento Acústico (SPA), localizados em uma sala no convés superior, onde foi instalada a estação de MAP (**Figura III-10**).

O cabo de convés possui cerca de 30 m e está unido ao cabo de reboque para transmitir o sinal até a estação, onde é conectado a um cabo multivias que distribui os sinais dos quatro hidrofones para os respectivos canais do SPA (1 par de canais para cada subsistema). O SPA inclui diversos componentes

que condicionam os sinais. Os sinais são amplificados (ganho ajustável de 0 a 40 dB), filtrados (filtro passa-altas de 1 kHz) e digitalizados.

Na 1ª Campanha de Avistagem Embarcada e MAP, o SPA foi alugado da empresa americana Biowaves Inc. O condicionador de sinais adotado foi o MAGREC e a placa de conversão análogo-digital usada foi a RME FIREFACE 800 (taxa de amostragem de 192 kHz). A partir do segundo ano do PMC-BS, utilizou-se um SPA nacional desenvolvido pela empresa brasileira Ecowaves Ltda. Os sinais de cada subsistema passaram por uma filtragem adicional, empregando filtro passa-baixas (filtro *antialiasing*), com frequência de corte de 48 kHz para o subsistema de frequências baixas-médias e de 170 kHz para o subsistema de frequências altas. As frequências utilizáveis e as placas de conversão análogo-digital de cada subsistema são: (a) frequências baixas-médias de 1 a 48 kHz (Placa ASUS - taxa de amostragem de 192 kHz); e (b) frequências altas de 1 a 170 kHz (Placa NIDAQ USB 6286 - taxa de amostragem de 500 kHz). O SPA possui um sistema de GPS (GPS e Antena Garmin) e placa MC DAQ para o registro do sensor de profundidade.

Figura III-10: *Estação de MAP e operadores durante a Campanha de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS.*

Programas de MAP

Os programas utilizados foram o PAMGUARD para detecção, localização e classificação de cliques de odontocetos (subsistema de alta frequência) (**Figura III-11**) e o ISHMAEL para detecção de assovios e cliques de odontocetos e sons de misticetos que estejam acima de 1 kHz (subsistema de baixa frequência). Diferente do PAMGUARD, o ISHMAEL não possui um mapa integrado para realizar a localização dos sinais biológicos e, portanto, ele é usado em conjunto com o software WHALETRAK 2.6 (**Figura III-11**).

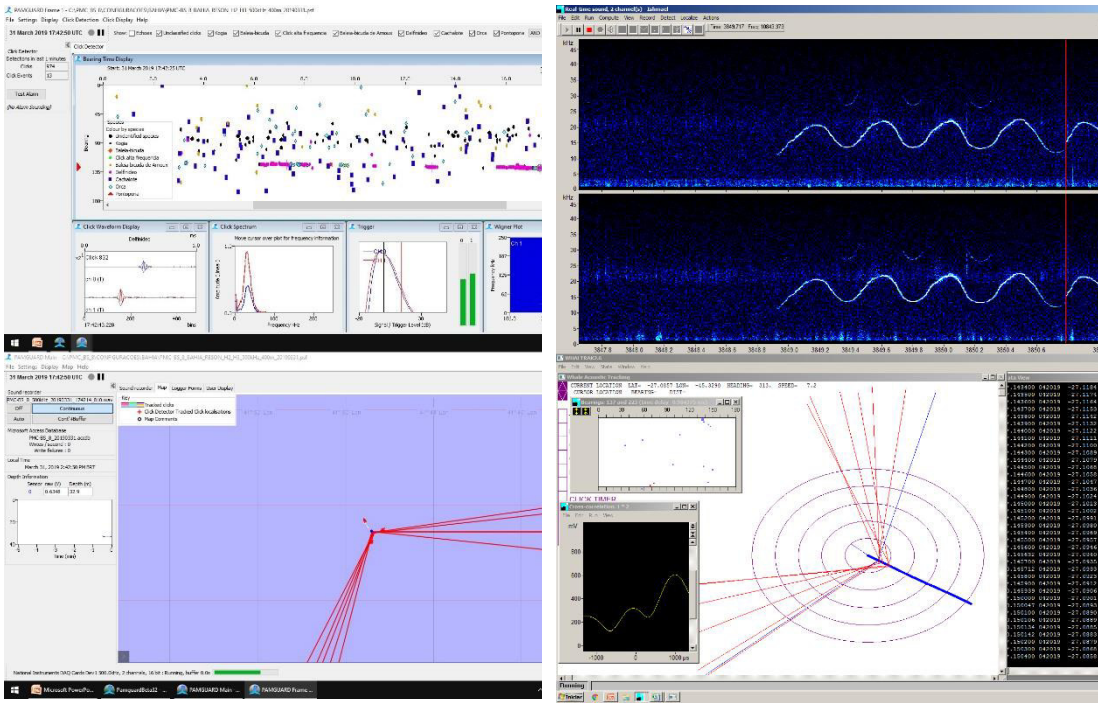


Figura III-11: *Telas dos programas usados pelo MAP no PMC-BS: detector de clique do PAMGUARD (acima à esquerda), mapa para localização do PAMGUARD (abaixo à esquerda), software ISHMAEL (acima à direita) e WHALETRAK (abaixo à direita).*

Os procedimentos de operação dos programas e coleta de dados das detecções acústicas de cetáceos durante o trabalho de campo estão descritos no **Procedimento Operacional 04** de coleta de dados do MAP (**Anexo III-1**). O monitoramento foi feito por dois operadores de MAP simultaneamente, cada um operando um dos computadores com os respectivos programas. Os operadores trabalharam juntos para coletar e registrar os dados referentes às detecções acústicas de cetáceos conforme especificado no protocolo. As

detecções foram feitas conjuntamente pelos dois operadores e, quando possível, eram comparadas entre os dois programas para verificar a consistência dos dados coletados. A ficha de detecção foi preenchida com os dados da detecção que obteve os melhores registros entre os dois programas. Havia sempre três operadores na equipe a bordo, revezando-se em turnos de 2 horas de trabalho e 1 hora de descanso.

As gravações foram feitas de maneira contínua. Além do áudio, os registros incluem os arquivos do banco de dados (MS Access) com planilhas dos registros do esforço amostral, equipamento e configurações do sistema de MAP, dados do GPS, profundidade do arranjo de hidrofones e as detecções acústicas de cetáceos. Também são armazenados os arquivos de dados binários do detector de cliques do PAMGUARD, as configurações dos programas, arquivos do programa WHALETRAK2.6 e imagens de capturas da tela do computador feitas durante a coleta de dados.

Os arquivos de áudio são armazenados, sem compressão, no formato WAVE. As gravações do PAMGUARD foram configuradas para duração de 5 minutos e o tamanho dos arquivos é de cerca de 600 MB. As gravações do ISHMAEL foram configuradas para duração de 10 minutos e o tamanho dos arquivos foi de cerca de 460 MB. No entanto, quando ocorrem interrupções na gravação, os arquivos podem ser de menor duração e tamanho.

Após o término de cada campanha, os dados de MAP precisam ser triados e validados. Os procedimentos de triagem e validação estão descritos no **Procedimento Operacional 06** de processamento de dados do MAP (**Anexo III-1**). O sistema online de armazenamento, gerenciamento e consulta dos dados do PMC-BS (SisPMC) contém os registros das detecções acústicas de cetáceos realizadas em cada campanha.

III.4 Avistagem Aérea

As Campanhas de Avistagem Aérea basearam-se na metodologia de transecções lineares com amostragem de distâncias (*Distance Sampling*) (BUCKLAND et al., 2001), conforme descrito no **Item III.2**. Uma malha paralela de linhas de transecção foi desenhada para amostragem sistemática da Bacia de Santos. As linhas percorrem a área de estudo, cruzando gradientes de profundidade, posicionadas perpendicularmente à costa. Optou-se por um desenho amostral contendo um conjunto de linhas paralelas, objetivando uma cobertura homogênea da área de estudo. O planejamento de cada campanha considerou que sua realização fosse realizada em até 15 dias. Tipicamente as linhas foram percorridas sequencialmente partindo do Sul para o Norte, dependendo das condições climáticas e meteoceanográficas.

Durante o esforço amostral, a aeronave sobrevoou o mar a uma altitude de 750 pés. Esta altitude visa maximizar as detecções tanto de pequenos quanto de grandes cetáceos. A velocidade de sobrevoo é de aproximadamente 240 km/h, que corresponde à velocidade mínima permitida à aeronave, levando em consideração a segurança do sobrevoo. A função *track* do GPS registrou o esforço amostral para posterior obtenção da posição dos registros realizados.

Quatro observadores experientes se revezaram nas posições: (1-2) observadores das janelas planas; (3-4) observadores das janelas em bolha (**Figura III-12** e **Figura III-14**). A posição inicial dos pesquisadores foi sorteada no início de cada sobrevoo. A rotação de posições foi feita no meio e ao final de uma linha de transecção, ou seja, no máximo a cada 1 hora de sobrevoo. Os observadores procuraram grupos de cetáceos a olho nu de forma independente, sem comunicação nem contato visual entre si. Eles concentraram o esforço de procura na linha e próximo à mesma, “varrendo” periodicamente o horizonte. Os procedimentos de coleta de dados utilizados durante as Campanhas de Avistagem Aérea estão descritos em detalhes no **Procedimento Operacional 07** (**Anexo III-1**).

O registro do esforço, posições de início e final da linha de transecção, condições ambientais (estado do mar na escala Beaufort, reflexo em cada

bordo, condições de visibilidade, cobertura do céu) e as informações relacionadas à cada detecção (espécie, posição geográfica, hora, tamanho do grupo, presença de filhotes, observador e evento que levou à detecção do grupo) contaram com o auxílio de um gravador digital. A medição do ângulo vertical ocorreu no momento em que o grupo avistado estava perpendicular à aeronave por meio de um clinômetro Suunto (**Figura III-13**). O ângulo vertical e a altura da aeronave permitiram calcular a distância perpendicular da linha de transecção para cada avistagem.

Figura III-12: *Observador em esforço amostral na janela bolha da aeronave durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS.*

Figura III-13: *Observador utilizando clinômetro e gravador digital para registrar as avistagens durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS.*

Figura III-14: *Observador fazendo o registro fotográfico das avistagens durante as Campanhas de Avistagem Aérea do PMC-BS.*

A fim de garantir a qualidade dos dados, o planejamento dos sobrevoos levou em consideração apenas as condições de observação favoráveis. Os sobrevoos nas áreas costeiras foram realizados majoritariamente com mar igual ou abaixo de Beaufort 3 (vento entre 7-10 nós) e, nas áreas oceânicas, com mar igual ou abaixo de Beaufort 4 (vento entre 11-16 nós).

III.5 Telemetria

As dez campanhas de telemetria realizadas até o primeiro semestre de 2020 tiveram como objetivo principal a instalação de transmissores nos cetáceos. Para tanto, a estratégia nessas campanhas foi de percorrer duas rotas em ziguezague, uma na região oceânica (plataforma continental externa e talude) e outra na região costeira (plataforma interna) de Florianópolis/SC a Arraial do Cabo/RJ.

O objetivo foi localizar grupos de cetáceos com potencial para a marcação com transmissores satelitais e/ou DTAGs, cobrindo o máximo possível da área da Bacia de Santos. A utilização experimental de um transmissor arquival do modelo CATS começou a partir da sexta campanha. A operação das Campanhas de Telemetria seguiu duas fases: (a) fase de busca e (b) fase de marcação. Na fase de busca, seguiu-se o mesmo procedimento do esforço visual usado nas Campanhas de Avistagem (ver **item III.2** e **Procedimento Operacional 08 - Anexo III-1**). A fase de marcação consistiu na aproximação do grupo previamente detectado para instalação de transmissores e demais procedimentos (fotoidentificação e biópsia).

A fase de marcação levou em consideração alguns critérios para decidir pela tentativa ou não de marcação, avaliando espécie, tamanho do indivíduo, presença de filhote e comportamento do animal. A decisão pela marcação ou não de um animal foi tomada conjuntamente entre o coordenador de campanha e o responsável pela marcação.

Foram utilizados três tipos de transmissores (**Figura III-15** e **Figura III-16**): (a) transmissores satelitais do tipo Splash10 (*Wildlife Computers*); (b) transmissores arquivais do tipo DTAG para registro acústico e de informações sobre o mergulho; e (c) transmissores arquivais do tipo CATS, que também registram dados acústicos e de mergulho, além de imagens de vídeo. Quatro configurações de âncoras para implantação contribuíram para a performance dos transmissores satelitais: (1) configuração implantável com uma âncora acoplada de três pétalas dobráveis (até a 3ª Campanha); (2) configuração implantável com uma âncora fixa de três pétalas e roseta (a partir da 4ª Campanha); (3) configuração LIMPET com duas âncoras de três pétalas (todas

as campanhas) e (4) configuração LIMPET com duas âncoras de seis pétalas (todas as campanhas). No caso dos DTAGs e do CATS, o sistema de fixação é formado por quatro copos de sucção (ventosas).

Nas três primeiras campanhas, o método de marcação consistiu em um rifle de ar comprimido para os transmissores satelitais (RESTECH ARTS) e numa vara de fibra de carbono para os DTAGs. A partir da quarta campanha, o principal equipamento utilizado para inserir os transmissores na configuração LIMPET foi uma balestra de 150 libras de pressão (EXCALIBUR VIXEN II) e, a partir da sexta campanha, a inserção do CATS também foi realizada com a vara de fibra de carbono.

Os transmissores satelitais coletaram as seguintes informações: (a) hora; (b) posição geográfica; (c) profundidade de mergulho; (d) duração do mergulho e (e) comportamento de mergulho. Esses dados foram condensados e resumidos para que pudessem ser enviados via sistema satelital Argos.

Os dados coletados pelo sistema ARGOS apresentam diferentes níveis de incerteza na definição da posição geográfica. Cada posição tem um erro associado, que é classificado de acordo com sua precisão em sete classes, definidas de acordo com o número de mensagens recebidas pelo transmissor durante a passagem dos satélites. São elas: “3” (erro menor que 250 m), “2” (entre 250 e 500 m), “1” (entre 500 e 1500 m), “0” (maior que 1500 m), “A” (sem estimativa de precisão, três mensagens de satélite), “B” (sem estimativa de precisão, 1 ou 2 mensagens de satélites) e “Z” (localização inválida).

As posições do Argos foram ajustadas com um modelo hierárquico de estado-espaço (hDCRWS) (JONSEN et al., 2005; JONSEN, 2016) a fim de estimar os parâmetros de movimento dos animais e os estados comportamentais. Diferente dos modelos de estado-espaço não-hierárquico (DCRWS), onde os parâmetros de movimento chave (γ, ϵ) são estimados separadamente para cada animal, nestes eles são estimados conjuntamente para todos os indivíduos de uma mesma espécie, melhorando a estimativa de estado comportamental e seus locais associados (JONSEN, 2016). Os modelos de estado-espaço de estado permitem estimar estados inobserváveis a partir de localizações estimadas (com erro) e por este motivo estão sendo muito úteis para a análise de dados coletados através do sistema de satélite

Argos, que apresentam erros irregulares ao longo do tempo (JONSEN et al., 2005). O modelo foi ajustado usando simulações de Monte Carlo utilizando cadeias de Markov (MCMC) com JAGS por meio do pacote 'bsam' (JONSEN et al., 2007) no programa R (R CORE TEAM, 2013).

Os modelos de espaço de estado conseguem diferenciar diferentes comportamentos de movimento ocultos em dados de telemetria de satélite, estimando a probabilidade de que um animal está em um modo de comportamento discreto específico, e foram usados para conjuntos de dados de satélite Argos (JONSEN et al., 2007; JONSEN, 2016). O modelo classifica os locais em dois modos comportamentais: trânsito (modo 1) e "area restricted search" (ARS, modo 2). Os comportamentos foram definidos com base nos ângulos médios de giro (ɵ) e autocorrelação na velocidade e direção (γ). Esses dois modos comportamentais assumem um valor de 1 ou 2 para cada amostra de Markov Chain Monte Carlo (MCMC) e o valor de saída corresponde à média das novas amostras MCMC. O resultado é um valor contínuo, entre 1 e 2. Seguindo JONSEN et al. (2006), posições superiores a 1,75 foram classificadas como comportamento de "area restricted search" (ARS), associado a atividades de forrageamento e/ou reprodução, e corresponde a maiores ângulos de giro e alta velocidade ou variabilidade de direção; e posições inferiores a 1,25 foram classificadas como comportamento de "trânsito", com baixo ângulo de giro e baixa variabilidade de velocidade e direção. Os valores médios foram considerados "incertos" (JONSEN et al., 2007).

Posições em terra, relacionadas a erros na localização de Argos, foram descartadas, assim como posições de qualidade "Z", cujo erro não é possível definir. Somente animais que mantiveram mais de 30 posições após a filtragem foram incluídos no modelo. Os modelos foram testados para cada espécie separadamente, incluindo somente os indivíduos que tiveram um número mínimo de 30 posições.

Para a plotagem apenas dos movimentos e rotas migratórias foi aplicado o filtro de Freitas (FREITAS et al., 2008).

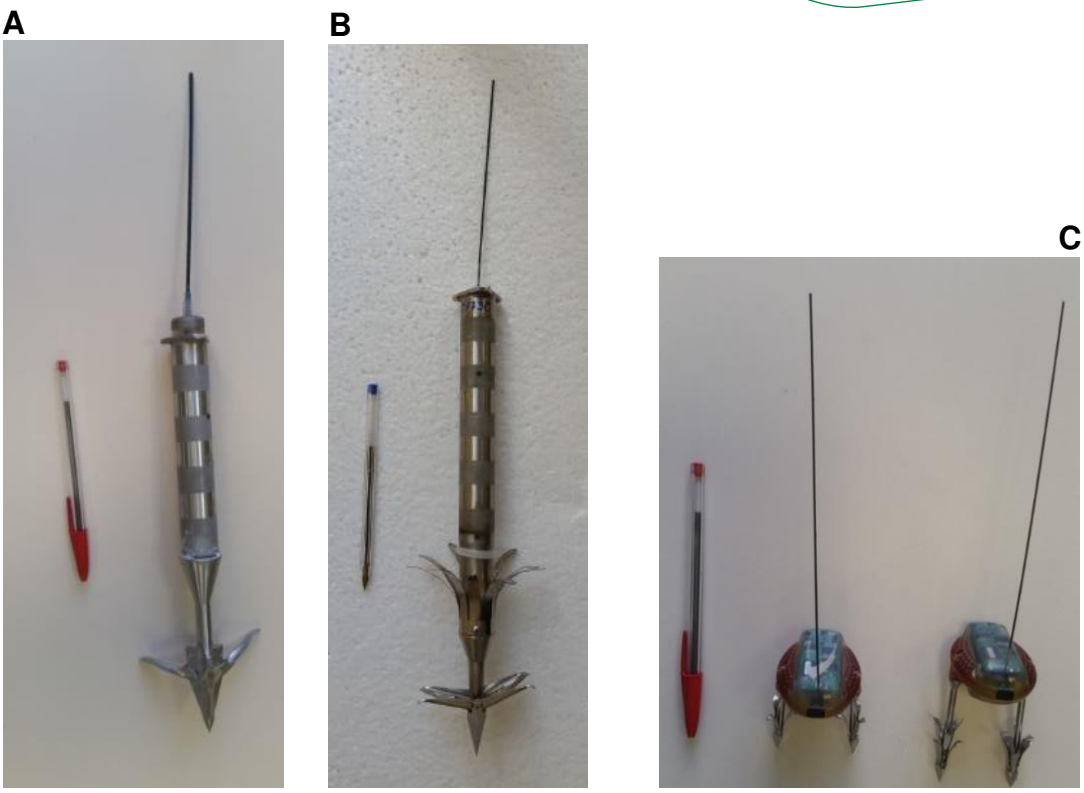


Figura III-15: *Transmissores satelitais utilizados nas Campanhas de Telemetria do PMC-BS: (A) transmissor implantável (modelo SPLASH10-260C); (B) transmissor implantável (modelo SPLASH10-302B); e (C) transmissor LIMPET (modelo SPLASH10-292A) com âncora de três (esquerda) e seis pétalas (direita).*

Os DTAGs são dispositivos com múltiplos sensores (acelerômetros, magnetômetros, sensor de pressão, termômetro e hidrofones) não invasivos, equipados com quatro ventosas, adequados para pesquisa de ecologia comportamental e acústica de cetáceos. Estes *tags* estavam disponíveis em todas as campanhas do PMC-BS. Foram desenvolvidos pelo Instituto Oceanográfico de Woods Hole (WHOI).

As seguintes informações foram coletadas pelos DTAGs: (a) hora; (b) profundidade; (c) inclinação no eixo vertical; (d) inclinação no eixo transversal; (e) inclinação no eixo longitudinal; e (f) sons (com taxa de amostragem de até 192 kHz). O par de hidrofones deste *tag* permite registrar o áudio, determinar os níveis sonoros recebidos e calcular os ângulos de chegada dos sons detectados no DTAG (JOHNSON; TYACK, 2003).

O acompanhamento do animal focal com o DTAG é realizado com o auxílio de antenas direcionais *Yagi* ligadas a receptores de sinais VHF, que também são utilizadas para a recuperação do equipamento depois que ele se desprende do corpo do indivíduo. O acompanhamento é realizado até o momento em que é constatado visualmente que o DTAG se desprendeu do animal. Assim que recuperados, os DTAGs são examinados em busca de amostras de pele para biópsia, de acordo com o protocolo descrito por Miller et al. (2004). Os dados dos DTAGs foram descarregados em um computador via transmissão infravermelha e conferidos para verificar se os dados foram coletados e descarregados adequadamente.

As análises foram feitas por meio de algoritmos disponíveis no programa MATLAB (Dtag Tools) (JOHNSON et al., 2013). O processamento dos dados incluiu: decimação dos dados de 50 Hz (taxa de amostragem padrão) para 5 Hz; calibração para a conversão dos dados de pressão para os valores de profundidade (metros) e avaliação da posição do DTAG em relação ao eixo do corpo do animal. Este último é necessário para calibrar os dados que medem a rotação, inclinação e rumo do animal marcado, de maneira a gerar resultados confiáveis (JONHNSON; TYACK, 2003). Após essas etapas, as estimativas das taxas de propulsão da nadadeira caudal foram calculadas (NOWACEK et al., 2001). A análise dos dados processados serviu para quantificar a métrica de mergulho e avaliar manualmente a existência de possíveis comportamentos de forrageio, usando as técnicas descritas por Goldbogen (2006), Goldbogen et al. (2007), Stimpert et al. (2007) e Goldbogen et al. (2013).

Os registros acústicos foram processados para detectar a presença de sons de origem biológica ou quaisquer outros sons considerados relevantes. Sons de misticetos foram escaneados seguindo as técnicas descritas por Constantine et al. (2015), e as vocalizações encontradas foram quantificadas e descritas utilizando os programas MATLAB e RAVEN PRO 1.5.

O *tag* arquival denominado CATS – Cam, fabricado pela empresa CATS (Customized Animal Tracking Solutions) (**Figura III-16**), é um equipamento semelhante ao DTAG. Ele foi adquirido pela Socioambiental e está sendo utilizado desde a Campanha 6. Este *tag* é fixado por quatro ventosas de silicone e possui um hidrofone com resposta de frequência de 96 kHz, sensor

de profundidade (pressão), acelerômetros e magnetômetros. Adicionalmente, este *tag* possui uma câmera de vídeo que grava em alta resolução.

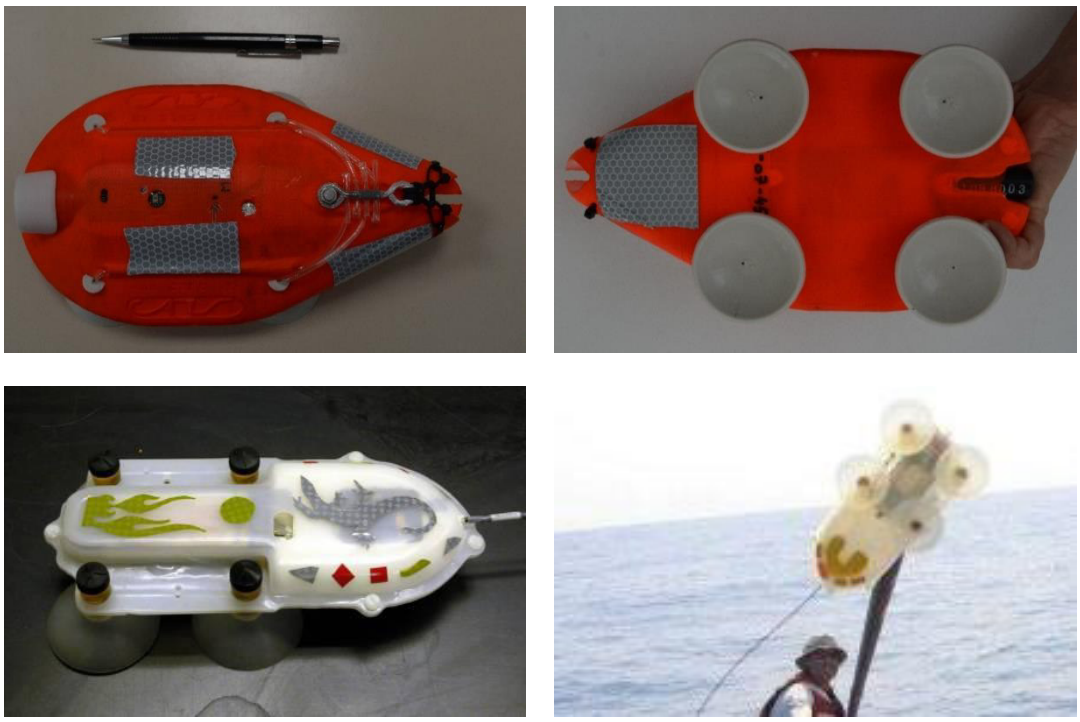


Figura III-16: *Transmissores do tipo CATS Cam e DTAG, o primeiro utilizado a partir da Campanha 6 e o segundo nas Campanhas de 1 a 10.*

Estratégia de marcação

A principal estratégia utilizada para a marcação dos animais foi a aproximação com bote inflável. Em tal caso, os dois botes (bote principal e bote de segurança) foram lançados ao mar com suas respectivas equipes (ver **Procedimento Operacional 08 - Anexo III-1**) (**Figura III-17** e **Figura III-18**). Pelo menos um observador sempre permaneceu no navio para auxiliar no monitoramento dos botes, na localização dos animais e no preenchimento das fichas de campo, mantendo uma constante troca de informações com os botes via rádio. Esse técnico também auxiliou no processamento das biópsias realizadas pelos botes e trazidas até o navio. Alguns procedimentos de marcação ocorreram na proa do navio em caráter experimental durante a 2ª Campanha, nos dias em que as condições do mar não permitiram a descida dos botes. Mas dada a distância entre os animais e o responsável pela

inserção dos *tags*, esta abordagem não foi mais utilizada nas campanhas subsequentes. Os registros de todas as informações relativas aos procedimentos de marcação integram um formulário específico.

Figura III-17: *Marcação com transmissor satelital do tipo LIMPET na nadadeira dorsal de uma baleia-sei utilizando uma balestra durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.*

Figura III-18: *Marcação de uma baleia-sei com transmissor do tipo CATs utilizando uma vara de fibra de carbono durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.*

III.6 Fotoidentificação

A coleta dos dados de fotoidentificação seguiram os padrões previstos no Projeto Executivo, tanto nas Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP, quanto nas Campanhas de Telemetria. Durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP, os registros fotográficos foram oportunísticos, enquanto nas Campanhas de Telemetria, foram realizadas sessões sistemáticas de fotoidentificação sempre que um indivíduo ou grupos de indivíduos de qualquer espécie era observado, conforme protocolos tradicionais e bem estabelecidos na literatura (KATONA & WHITEHEAD, 1981; WÜRSIG & JEFFERSON, 1990; WILLIAMS et al., 1993).

O equipamento utilizado para fotoidenticação foram máquinas digitais (DSLR – *digital single-lens reflex camera*) da marca Nikon, modelo D-7100. Foram utilizadas lentes da marca Nikkor com as seguintes distâncias focais (zoom): 70-300 mm; 80-400 mm; e 100-500 mm.

Após o término de cada campanha, todos os registros fotográficos foram repassados e armazenados em computadores e HDs externos, pertencentes ao Laboratório de Mamíferos Aquáticos, da Universidade Federal de Santa Catarina – HD backup e HD de trabalho – para posterior triagem, catalogação e processamento de identificação (detalhes no Procedimento Operacional Fotoidentificação). Em um primeiro procedimento, todos os arquivos digitais foram separados por campanha, dia, fotógrafo e espécie. Na sequência, o volume (em número de fotos e GBs) de arquivos a serem processados em cada campanha foi quantificado.

A rotina de análise das fotos respeitou as três etapas estabelecidas no **Procedimento Operacional 09** (**Anexo III-1**): a triagem; a catalogação e o processamento de identificação. Durante a etapa de triagem, a classificação de cada foto baseou-se na qualidade e nos padrões essenciais para sua utilização como fotoidentificação. O critério de qualidade fundamentou-se em: (A) excelente; (B+) boa; (B-) razoável; (C) ruim e (D) péssima. Naquele momento também foram separadas as fotos com registros de patologias (P), lesões (L) e mutilações (M), ou ainda os registros de *tags* (T), biópsias (B) e filhotes (F). Na catalogação, todas as fotos foram reavaliadas e aquelas de

novos indivíduos (ainda não presentes no catálogo de referência do PMC), de qualidade (A) ou (B+), eram incluídas em catálogo de referência continuamente em elaboração. Durante a etapa de catalogação, as fotos selecionadas eram cuidadosamente comparadas com as fotos preexistentes no catálogo de referência. A comparação se deu pela observação de marcas naturais específicas de longa duração conforme define a literatura (PAYNE, 1976; WURSIG; WURSIG, 1977; KATONA; WHITEHEAD, 1981). Sempre que aparecia uma foto de qualidade, de um indivíduo com marcas de longa duração, que ainda não estava presente no catálogo de referência, ela recebia um número de nova identificação e era então incluída no catálogo.

Um catálogo de referência e uma matriz de dados gerais de fotoidentificação foi construído para cada espécie (arquivo digital em Excel descrito no **Procedimento Operacional 09** - **Anexo III-1**). No entanto, o procedimento de triagem e de catalogação inicial seguia a ordem cronológica de ocorrência do registro. Apenas na última etapa, de processamento de identificação, uma terceira rodada de avaliação das fotos era realizada por espécie. Naquele momento, todos os registros de qualidade (A), (B+) e (B-) eram comparados com os catálogos de referência já elaborados, por espécie, para a busca por correspondentes, ou seja, para identificação dos indivíduos. Em caso de identificação positiva (*matches*), o número do indivíduo catalogado era vinculado ao registro fotográfico em análise. Em caso de não reconhecimento com os indivíduos catalogados, e quando a qualidade da foto não permitia seguramente a catalogação de um novo indivíduo, o registro em análise era classificado como não identificado (NI).

Por fim, na triagem inicial e nas duas últimas rodadas de observação das fotos, todas as lesões epidérmicas de interesse e/ou mutilações foram separadas e avaliadas. Todos os registros de lesões foram copiados para pastas específicas por espécies, seguindo uma avaliação da prevalência de lesões por espécie e uma descrição qualitativa das lesões mais explícitas e frequentes. A partir do 6º ciclo, repetiu-se a categorização e descrição mais refinada de cada tipo de lesão realizada nos ciclos anteriores, além de uma quantificação de cada tipo de lesão por espécie.

Após todas as etapas de processamento dos registros fotográficos, houve um acompanhamento do número total de registros utilizados por espécies, bem como um acompanhamento do número de indivíduos incluídos em cada catálogo de referência (por espécie). Uma avaliação no número de registros identificados por campanha e espécie finalizou os registros das campanhas. Mapas de ocorrência por indivíduo incluíram as 'recapturas' – reconhecimento de indivíduo já catalogado em outro dia de campo.

Ao longo de todos os ciclos, a comparação de catálogos com os de outros grupos de pesquisa fez parte dos esforços. A mesma equipe envolvida no processamento das fotos do PMC participou de todo procedimento de comparação. Ou seja, os catálogos de outros grupos de pesquisa foram disponibilizados para a coordenação de fotoidentificação do PMC (com exceção do catálogo de *Balaenoptera musculus*, *Balaenoptera physalus e Balaenoptera borealis* – ver **item IV.9**). O procedimento de comparação de catálogos seguiu os mesmos procedimentos de processamento feitos para as fotos do PMC. Todos os *matches* (reconhecimento de indivíduo já catalogado) identificados eram planilhados, incluindo data e localização de cada registro. Essas informações também foram utilizadas para a confecção de mapas de ocorrência por indivíduos, permitindo a discussão de padrões de movimentos entre áreas.

III.7 Coleta de biópsias

As biópsias coletadas durante as Campanhas de Avistagem Embarcada/MAP e de Telemetria utilizaram balestras (120 e 150 bar de pressão) e dardos flutuantes (corpo de fibra de carbono e flutuador de poliuretano) com ponteiras de aço inoxidável especialmente desenvolvidas para amostragem de cetáceos (CETA-DART, Copenhagen, Dinamarca). Nas Campanhas de Avistagem Embarcada/MAP, a proa da embarcação serviu de base para a realização das biópsias (**Figura III-19**), amostrando delfinídeos em comportamento de *bow-riding* (nadando na frente da proa), de forma oportunista. Nas Campanhas de Telemetria, as biópsias foram

feitas tanto da proa da embarcação quanto do bote inflável utilizado para realizar os procedimentos de marcação. A marcação dos cetáceos de pequeno e médio porte foi feita por dardos com ponteiras de 25 mm, próprias para pequenos cetáceos, disparados pela balestra de 120 bar de pressão. Para cetáceos de grande porte, foram utilizados dardos com ponteiras de 40 mm disparados pela balestra de 150 bar de pressão.

Figura III-19: *Coleta de biópsia da proa do bote inflável durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.*

As amostras de pele que se desprenderam de alguns espécimes de misticeto (baleia-de-Bryde, baleia-jubarte e baleia-azul) e de odontoceto (cachalote) também foram coletadas na água ou no copo de sucção dos transmissores arquivais. É comum que pedaços de pele se desprendam de algumas espécies de cetáceos durante os comportamentos aéreos ou as socializações, e sua coleta é uma alternativa oportunista e não intrusiva para obter amostras desses animais (VALSECCHI et al., 1998).

O fracionamento de cada amostra de biópsia ocorreu após a coleta (**Figura III-20**), separando material biológico para as análises de HPA, de biomarcadores e de genética.

Os procedimentos para o fracionamento, a identificação e o acondicionamento das amostras estão descritos em detalhes no **Procedimento Operacional 02** (**Anexo III-1**). Cada biópsia feita resulta no preenchimento de uma ficha de biópsia pelo profissional envolvido na coleta ou no fracionamento da amostra, com informações como: data, hora, número da biópsia, responsável pela coleta e fracionamento, espécie ou menor nível taxonômico identificado, coordenadas geográficas, condição do tempo, estado do mar, tamanho e composição do grupo, reação do animal antes, durante e depois da biópsia.

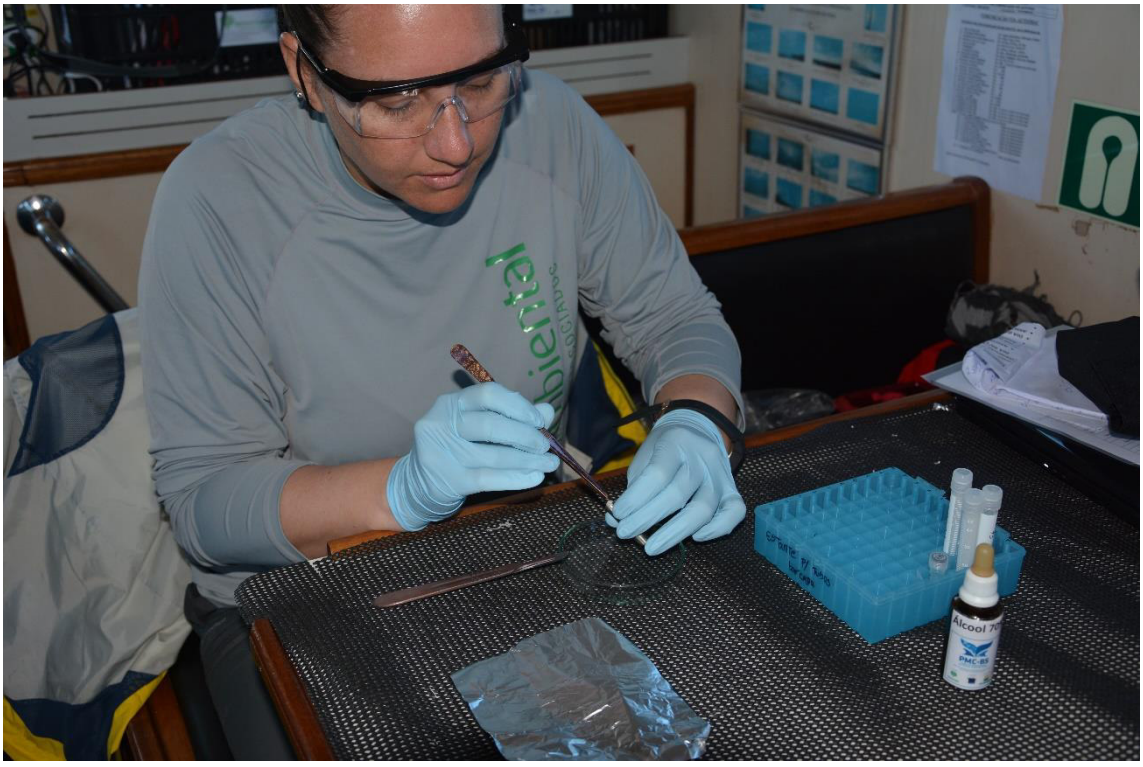


Figura III-20: *Triagem da amostra de biópsia coletada durante Campanha de Telemetria do PMC-BS.*

IV. ESFORÇO E TAMANHO AMOSTRAL POR ÁREA TEMÁTICA

Este item apresenta um resumo executivo da coleta de dados por cada área temática durante as 30 campanhas executadas no âmbito do PMC-BS nos cinco anos do projeto (**Quadro IV-1** ao **Quadro IV-5**). A ênfase das informações apresentadas neste item refere-se ao esforço amostral empregado durante os cinco primeiros anos do projeto. O tamanho amostral também foi sumarizado, como o número de detecções de grupos de cetáceos, número de amostras de biópsia coletadas e número de animais fotoidentificados ou marcados com transmissores. Todas as informações contidas neste relatório estão inseridas e disponíveis online no sistema de armazenamento e visualização de dados do PMC-BS (SisPMC), que pode ser acessado no seguinte endereço: <http://sispmcprd.petrobras.com.br/sispmc>.

Quadro IV-1: *Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 1 e 2 do PMC-BS.*

Indicadores	Ciclo 1			Ciclo 2		
	Avistagem Aérea	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**	**Avistagem Aérea**	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**
Período da Campanha	07/12/2015 – 13/12/2015	27/11/2015 – 05/01/2016	22/02/2016 – 17/03/2016	28/03/2016 – 04/04/2016	10/05/2016 – 20/06/2016	10/08/2016 – 03/09/2016
Estação do Ano	Final da primavera	Final primavera / início do verão	Final do verão	Início do outono	Final do outono	Inverno
Dias de mobilização	12	41	25	9	42	25
Dias com amostragem	7	Avistagem: 37 MAP: 33	22	7	Avistagem: 40 MAP: 40	24
Esforço amostral (horas)	24,0	Avistagem: 389,9 MAP: 357,2	246,3	29,0	Avistagem: 410,9 MAP: 398,7	248,2
Esforço amostral (km)	5.719,9	Avistagem: 4.937,1 MAP: 4.668,9	2.850,8	4.873,9	Avistagem: 5.462,5 MAP: 5.191,2	2.603,2

Quadro IV-2: *Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 3 e 4 do PMC-BS.*

Indicadores	Ciclo 3			Ciclo 4		
	Avistagem Aérea	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**	**Avistagem Aérea**	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**
Período da Campanha	20/09/2016 – 30/09/2016	27/09/2016 – 06/11/2016	31/01/2017 – 24/02/2017	27/01/2017 – 06/02/2017	08/03/2017 – 18/04/2017	05/07/2017 – 29/07/2017
Estação do Ano	Início da primavera	Primavera	Verão	Verão	Verão / outono	Inverno
Dias de mobilização	10	41	25	10	42	27
Dias com amostragem	9	Avistagem: 36 MAP: 36	24	10	Avistagem: 39 MAP: 38	24
Esforço amostral (horas)	27,5	Avistagem: 420,1 MAP: 397,5	288,4	27,3	Avistagem: 434,9 MAP: 409,7	329,7
Esforço amostral (km)	7.326,0	Avistagem: 5.500,2 MAP: 5.235,6	3.382,3	6.546,8	Avistagem: 5.541,9 MAP: 5.241,2	3.386,9

Quadro IV-3: *Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 5 e 6 do PMC-BS.*

Indicadores	Ciclo 5			Ciclo 6		
	Avistagem Aérea	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**	**Avistagem Aérea**	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**
Período da Campanha	03/12/2017 – 11/12/2017	25/08/2017 – 07/10/2017	28/10/2017 – 21/11/2017	19/04/2018 – 27/04/2018	12/01/2018 – 20/02/2018	21/03/2018 – 14/04/2018
Estação do Ano	Primavera	Inverno / primavera	Primavera	Outono	Verão	Outono
Dias de mobilização	10	44	29	9	40	27
Dias com amostragem	9	Avistagem: 40 MAP: 40	25	7	Avistagem: 37 MAP: 37	24
Esforço amostral (horas)	29,9	Avistagem: 435,7 MAP: 408,5	276,5	26,9	Avistagem: 444,3 MAP: 426,5	261,5
Esforço amostral (km)	5.989,0	Avistagem: 5.583,8 MAP: 5.187,5	2.920,6	5.666,0	Avistagem: 5.863,4 MAP: 5.606,0	3.122,5

Quadro IV-4: *Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 7 e 8 do PMC-BS.*

Indicadores	Ciclo 7			Ciclo 8		
	Avistagem Aérea	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**	**Avistagem Aérea**	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**
Período da Campanha	06/09/2018 – 12/09/2018	01/09/2019 – 20/10/2018	18/07/2018 – 11/08/2018	12/02/2019 – 22/02/2019	13/03/2019 – 26/04/2019	16/01/2019 – 09/02/2019
Estação do Ano	Inverno	Inverno / primavera	Inverno	Verão	Verão / outono	Verão
Dias de mobilização	7	50	25	11	45	25
Dias com amostragem	7	Avistagem: 46 MAP: 43	24	8	Avistagem:37 MAP: 37	24
Esforço amostral (horas)	31,1	Avistagem: 477,3 MAP: 435,1	239,9	28,1	Avistagem: 425,5 MAP: 410,4	298,2
Esforço amostral (km)	6.066,6	Avistagem: 5.930,5 MAP: 5.446,1	1.272,7	6.073,8	Avistagem: 5.502,3 MAP: 5.469,9	1.652,6

Quadro IV-5: *Resumo executivo dos dados coletados por cada área temática durante os Ciclos 9 e 10 do PMC-BS.*

Indicadores	Ciclo 9			Ciclo 10		
	Avistagem Aérea	**Avistagem Embarcada e MAP**	**Telemetria**	**Avistagem Aérea**	**Avistagem Embarcada e MAP***	**Telemetria**
Período da Campanha	20/08/2019 – 01/09/2019	24/08/2019 – 13/10/2019	11/07/2019 – 04/08/2019	20/02/2020 – 05/03/2020	04/03/2020 – 27/03/2020	15/01/2020 – 08/02/2020
Estação do Ano	Inverno	Inverno	Inverno	Verão	Verão	Verão
Dias de mobilização	13	Avistagem: 51 MAP: 51	25	15	Avistagem: 23 MAP: 21	25
Dias com amostragem	8	Avistagem: 43 MAP: 41	23	6	Avistagem: 21 MAP: 18	23
Esforço amostral (horas)	26,4	Avistagem: 463,1 MAP: 415,7	234,3	24,9	Avistagem: 235,8 MAP: 196,8	279,1
Esforço amostral (km)	6.114,5	Avistagem: 5.742,5 MAP: 5.389,5	1.342,7	6.690,9	Avistagem: 3.131,1 MAP: 2.587,1	1.811,1

* *Campanha interrompida em decorrência da pandemia de COVID-19 e, por este motivo, o esforço amostral foi menor do que nas outras campanhas. A Campanha 10 foi retomada entre os dias 29/10 e 16/11/2020 e os resultados deste complemento serão apresentados no RA-6.*

IV.1 Avistagem Embarcada

Foram realizadas 10 campanhas de avistagem embarcadas nos cinco anos do PMC-BS (2015 ao primeiro semestre de 2020), percorrendo-se um total de 29.707,0 milhas náuticas em esforço durante 376 dias de campo (**Figura IV-1** e **Tabela IV-1**). Em média, a cada dia, aproximadamente 72 milhas náuticas foram percorridas e 10,4 horas de esforço de procura por cetáceos foi realizado.

A Campanha 10 foi paralisada com metade do esforço amostral realizado em decorrência da pandemia de COVID-19. Na ocasião da paralisação da campanha (27 de março de 2020), ao final da primeira pernada, já havia sérias dificuldades no transporte de passageiros para troca de equipe, com voos cancelados e restrições às linhas de ônibus intermunicipais e interestaduais. Também havia recomendações de autoridades municipais, estaduais e internacionais para a realização de quarentena e isolamento social. A complementação da Campanha 10 foi realizada em outubro e novembro de 2020, visando complementar o esforço amostral da etapa paralisada. Os resultados do complemento da Campanha 10 serão apresentados no 6° Relatório Anual do PMC .

Ao longo das 10 campanhas de avistagem, foram detectados visualmente 1.004 grupos de cetáceos. Desses, o esforço sistemático registrou 895 grupos (89,1%) e o restante foram em linhas de deslocamento fora da malha sistemática de transecções ou durante pausas na amostragem para descanso ou abrigo de tempo ruim. Foram identificadas 25 espécies de cetáceos nas 10 campanhas de avistagem, com uma média de 12,5 espécies identificadas por campanha.

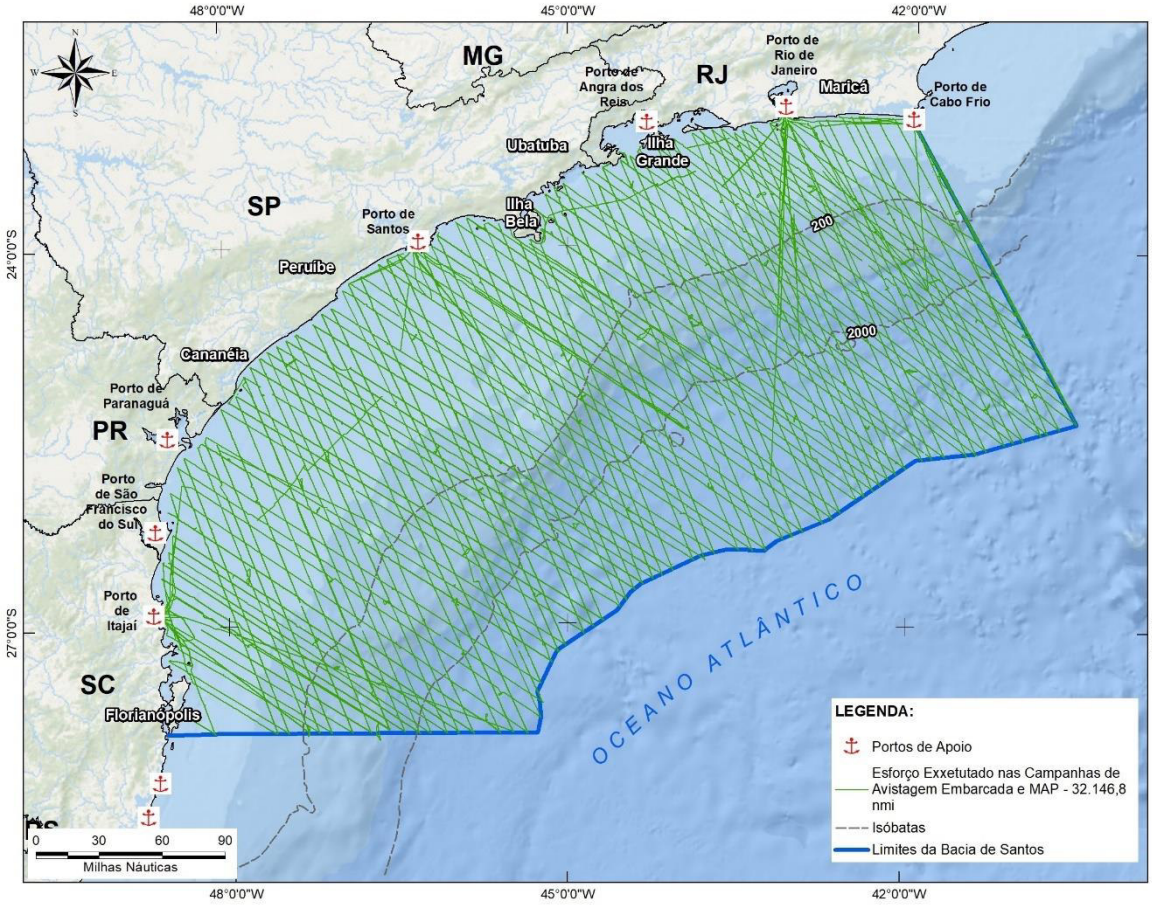


Figura IV-1: *Rotas percorridas durante as Campanhas de Avistagem Embarcada nos cinco primeiros anos do PMC-BS.*

Tabela IV-1: *Resumo do esforço e tamanho amostral nas Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC-BS.*

Indicadores	**Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP**										**TOTAL**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10****	
Período da campanha	27/11/15-05/01/16	10/05/16-20/06/16	27/09/16-06/11/16	08/03/17-18/04/17	25/08/17-07/10/17	12/01/18-20/02/18	01/09/18-20/10/19	13/03/19-26/04/19	24/08/19-13/10/19	04/03/20-27/03/20	-
Dias de mobilização	40	42	41	42	44	40	50	45	51	23	418
Dias com amostragem	37	40	36	39	40	37	46	37	43	21	376
Esforço amostral (horas)	389,9	410,9	420,1	434,9	435,7	444,3	477,3	425,5	463,1	235,8	4.572,4
Média de horas por dia	10,5	10,3	10,2	11,2	10,9	12,1	10,4	9,5	9,1	10,2	10,4
Esforço amostral (milhas náuticas)	2.665,8	2.949,5	2.969,9	2.992,4	3.015,5	3.166,1	3.202,2	2.964,6	3.094,0	1.687,0	28.707,0
Média de milhas náuticas por dia	72,0	73,7	72,4	71,2	75,4	85,6	69,6	65,9	60,7	73,4	72,0
Número de grupos de cetáceos total	53	83	121	65	123	77	158	88	181	55	1.004
Número de grupos de cetáceos em esforço	47	76	115	56	121	69	140	84	148	39	895
Média de grupos por dia em esforço	1,3	1,9	3,2	1,4	3,1	2,1	2,1	3,0	3,4	1,9	2,3
Número mínimo de espécies identificadas*	12	13	14	10	11	11	15	16	14	9	25

* Inclui espécies observadas fora de esforço sistemático e gêneros sem confirmação da espécie.

** Campanha interrompida em decorrência da pandemia de COVID-19 e, por este motivo, o esforço amostral foi menor do que nas outras campanhas. A Campanha 10 foi retomada entre os dias 29/10 e 16/11/2020 e os resultados deste complemento serão apresentados no 6° Relatório Anual.

IV.2 Monitoramento Acústico Passivo

O esforço de Monitoramento Acústico Passivo foi feito durante todas as 10 campanhas de Avistagem e MAP, em conjunto com o esforço de Avistagem. A **Tabela IV-2** apresenta o esforço amostral efetivo, incluindo o total e a média de horas de esforço diário, milhas náuticas percorridas, número de detecções acústicas de cetáceos e o total de espécies identificadas.

O esforço de MAP dos cinco anos do PMC-BS totalizou 3.856 horas e 27.000 milhas náuticas percorridas, sendo registradas 1.096 detecções acústicas de cetáceos. A gravação contínua do áudio ocorreu durante todo o período de esforço. No total foram gerados 77.367 arquivos de áudio e um volume de 35 Terabytes (TB) de gravações estéreo, tanto para as gravações de frequências médias (taxa de amostragem de 192 kHz no programa ISHMAEL), como frequências altas (taxa de amostragem de 500 kHz no programa PAMGUARD). A **Tabela IV-3** apresenta o número total de arquivos de áudio e o volume de dados gerados para as 10 campanhas executadas.

Tabela IV-2: *Resumo do esforço e tamanho amostral nas Campanhas de MAP do PMC-BS.*

Indicadores	Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10****	**Total**
Período da campanha	27/11/15 - 05/01/16	10/05/16 - 20/06/16	27/09/16 - 06/11/16	08/03/17 - 18/04/17	25/08/17 - 07/10/17	12/01/18 - 20/02/18	01/09/18 - 20/10/18	13/03/19 - 26/04/19	24/08/19 - 13/10/19	04/03/20 - 24/03/20	-
Dias de mobilização	41	42	41	42	44	40	50	45	51	21	**417**
Dias com amostragem	33	40	36	38	40	37	43	37	41	18	**363**
Esforço amostral (horas)	357,2	398,7	397,5	409,7	408,5	426,5	435,1	410,4	415,7	196,8	**3.856,1**
Média de horas de esforço por dia	10,8	10,0	11,0	10,8	10,2	11,5	10,1	11,1	10,1	10,9	**10,6**
Esforço amostral (milhas náuticas)	2.521,0	2.803,0	2.827,0	2.830,0	2.801,0	3.027,0	2.940,6	2.953,5	2.903,8	1.393,9	**27.000,8**
Média de milhas náuticas por dia	76,4	70,0	68,9	67,4	73,7	81,8	68,3	79,8	70,8	77,4	**73,4**
Número de detecções acústicas	82	99	139	92	134	99	120	112	157	62	**1.096**
Média de detecções (diário)	2,5	2,5	3,9	2,4	3,4	2,7	2,8	3,0	3,8	3,0	**3,0**
Número de espécies identificadas*	9	9	12	10	9	9	12	12	11	6	**16**

* Número de espécies com registros acústicos validados e catalogados. A identificação foi feita pelo método visual ou acústico. Pode incluir táxons com identificação por espécie, gênero ou até mesmo família, no caso de espécies mais raras. Detecções acústicas de grupos com mais de uma espécie presente (grupos mistos) não foram incluídas.

** Campanha interrompida em decorrência da pandemia de COVID-19 e, por este motivo, o esforço amostral foi menor do que nas outras campanhas. A Campanha 10 foi retomada entre os dias 29/10 e 16/11/2020 e os resultados deste complemento serão apresentados no RA-6.

Tabela IV-3: *Lista do número total de arquivos de áudio e volume do PAMGUARD e do ISHMAEL separados por ciclo e o total para cinco anos de PMC-BS. ISH = gravações do programa ISHMAEL. PG = gravações do* programa PAMGUARD.

Ciclo	Número Arquivos ISH	Volume Total ISH (TB)	Número Arquivos PG	Volume Total PG (TB)	Total Arquivos ISH + PG	Volume Total ISH + PG (TB)
1	2.341	0,95	4.747	2,55	7.088	3,49
2	2.566	0,99	5.039	2,61	7.065	3,60
3	2.519	1,02	5.340	2,63	7.859	3,65
4	2.715	1,03	5.724	2,67	8.439	3,70
5	2.652	1,01	5.441	2,67	8.040	3,66
6	2.944	1,09	5.843	2,78	8.787	3,87
7	3.056	1,11	5.662	2,84	8.718	3,96
8	2.862	1,05	5.203	2.69	8.605	3,74
9	3.110	1,1	5728	2,75	8.838	3,84
10	1.424	0,50	2504	1,28	3.928	1,78
Total	**23.390**	**9,85**	**46.425**	**25,47**	**77.367**	**35,29**

No total de cinco anos do PMC-BS, foram registradas e validadas 1.096 detecções acústicas de cetáceos, com uma média de 3 detecções por dia. O cachalote (*Physeter macrocephalus*) e a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) são as duas únicas espécies possíveis de identificação unicamente por meio de seu repertório acústico. O restante dos cetáceos precisam de detecção e identificação visual simultânea por meio de suas características diagnósticas para confirmação da espécie. Os registros acústicos confirmados visualmente, segundo os critérios estabelecidos no PMC, totalizaram 30% (n = 322) do total de detecções acústicas. Não foram inclusas nesta contagem as detecções acústicas da baleia-jubarte por causa da dificuldade em afirmar se os indivíduos avistados pela equipe visual eram os mesmos detectados pela equipe de MAP. Para a maior parte das detecções acústicas (70%, n = 774), não houve avistagens pela equipe visual.

Um total de 371 detecções acústicas confirmadas e catalogadas pelo PMC-BS ao nível de gênero ou espécie (ou família no caso das baleias-bicudas) foram realizadas no acumulado de 10 campanhas (**Tabela IV-4**).

Tabela IV-4: *Número de registros acústicos realizados durante os cinco anos do PMC-BS, identificados pelos diferentes grupos taxonômicos catalogados na SONOTECA.*

Táxon/Campanha	**Campanhas de MAP**										**Total**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
Stenella longirostris	2	2	2	0	1	3	1	1	1	2	15
Stenella attenuata	2	3	2	1	0	0	1	3	1	0	13
Stenella clymene	0	1	1	0	0	1	1	3	1	0	8
Stenella frontalis	2	9	5	15	8	21	4	16	4	14	98
Stenella sp.	1	0	1	0	3	0	0	1	0	0	6
Tursiops truncatus	1	2	0	3	0	4	4	6	4	1	25
Steno bredanensis	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0	5
Grampus griseus	1	3	0	1	1	0	1	1	0	0	8
Globicephala sp.	1	0	6	0	2	0	2	0	1	0	12
Delphinus sp.	0	0	2	0	0	1	1	0	1	0	5
Feresa attenuata	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	3
Peponocephala electra	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Physeter rmacrocephalus	8	7	2	2	5	2	8	4	8	3	49
Kogia sima	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Kogia sp.	2	1	4	2	4	1	1	1	4	1	21
Pontoporia blainvillei	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Ziphiidae	0	0	2	1	4	0	1	1	1	1	11
Megaptera novaeangliae	0	0	9	0	28	0	13	0	38	0	88
Total	**21**	**30**	**37**	**27**	**56**	**35**	**38**	**41**	**64**	**22**	**371**

IV.3 Avistagem Aérea

Nestes primeiros cinco anos de PMC-BS, até o primeiro semestre de 2020, foram realizadas dez Campanhas de Avistagem Aérea, durante as quais foram percorridos 61.066 km em esforço ao longo de 70 dias de campo (**Figura IV-2** e **Tabela IV-5**). Em cada dia de campo percorreu-se, em média, 872,4 km durante quatro horas de esforço. A conclusão de todas as campanhas ocorreu dentro do período previsto de 15 dias, com eventuais pausas na amostragem em função de condições meteorológicas e oceanográficas desfavoráveis à avistagem.

Ao longo das dez campanhas, o registro total de 705 grupos de cetáceos identificou 16 espécies e um gênero sem a confirmação de espécie. Dessas, cinco pertencem à subordem Mysticeti (*Balaenoptera acutorostrata*; *Balaenoptera bonaerensis*; *Balaenoptera borealis*; *Balaenoptera brydei*; *Megaptera novaeangliae*) e 12 pertencem à subordem Odontoceti (*Globicephala* sp.; *Grampus griseus*; *Orcinus orca*; *Pseudorca crassidens*; *Sotalia guianensis*; *Stenella attenuata*; *Stenella frontalis*; *Stenella longirostris*; *Steno bredanensis*; *Tursiops truncatus*; *Physeter macrocephalus*; *Pontoporia blainvillei*). Um indivíduo da Família Ziphiidae foi avistado durante a 10ª Campanha, mas não foi possível registrá-lo fotograficamente ou identificar seu gênero ou espécie.

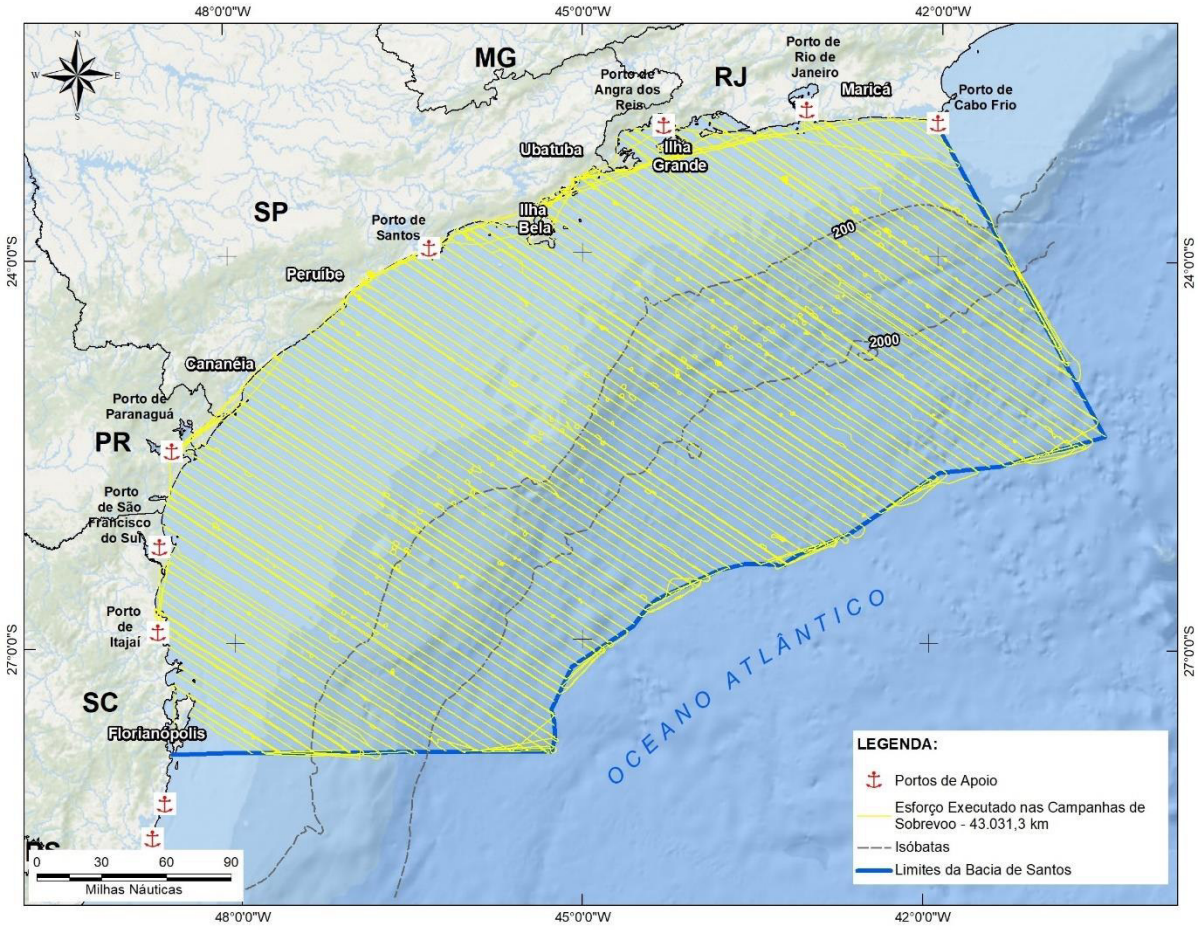


Figura IV-2: *Rotas percorridas durante as Campanhas de Avistagem Aérea nos cinco primeiros anos do PMC-BS.*

Tabela IV-5: *Resumo do esforço e tamanho amostral das Campanhas de Avistagem Aérea dos primeiros cinco anos do PMC-BS.*

Indicadores	**Campanhas de Avistagem Aérea**										**TOTAL**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
Período da campanha	07/12/15 - 13/12/15	28/03/16 - 04/04/16	21/09/16 - 29/09/16	30/01/17 - 05/02/17	01/12/17 - 11/12/17	20/04/18 - 27/04/18	06/09/18 - 12/09/18	12/02/19 - 22/02/19	20/08/19 - 01/09/19	20/02/20 - 05/03/20	
Dias de mobilização	12	9	12	13	10	8	7	11	13	15	110
Dias com amostragem	7	7	7	7	6	7	7	8	8	6	70
Esforço amostral (horas)	24,0	34,3	27,5	27,3	29,9	26,9	31,1	28,1	26,4	25,0	280,4
Média de horas por dia	3,4	4,9	3,9	3,9	5,0	3,9	4,4	3,5	3,3	4,2	4,0
Esforço amostral (km)	5.720	4.874	7.326	6.547	5.989	5.666	6.066	6.073	6.114	6.690	61.065
Número de grupos de cetáceos total	50	73	56	23	59	84	132	69	86	25	705
Média de grupos por dia em esforço	7,1	10,4	8,0	3,3	9,8	12,0	18,8	8,6	10,8	4,2	10,1
Número de espécies/gêneros*	4	12	5	2	11	14	9	7	8	5	17

* Inclui gêneros sem confirmação da espécie.

IV.4 Telemetria

As dez Campanhas de Telemetria efetuadas até o o primeiro semestre de 2020 totalizaram 246 dias de amostragem, com 16.197 milhas náuticas percorridas e 2.694,9 horas de esforço amostral (**Tabela** IV-6 **e Figura IV-3**). Foram detectados 722 grupos de cetáceos pertencendo a pelo menos 23 espécies (ver item IV.1).

Setenta e oito transmissores satelitais foram utilizados até o momento. Quinze foram perdidos por falha no procedimento de instalação (19,2%), enquanto seis (7,7%) não transmitiram dados. Esse fato pode estar relacionado a problemas técnicos no transmissor, embora todos tenham sido testados previamente, ou mesmo à posição de fixação do transmissor no corpo do animal, que pode não ter favorecido a transmissão de dados. Um total de 63 transmissores (80,8%) foram instalados com sucesso em 12 espécies de cetáceos, sendo cinco misticetos e sete odontocetos (

Tabela IV-7). Desses, 15 transmissores eram da configuração implantável e 48 da configuração LIMPET. Nem todos os transmissores implantados com sucesso resultaram em dados utilizáveis, pois houve falha de coleta de dados em alguns e outros coletaram poucas informações, que acabaram suprimidas depois da filtragem e eliminação das posições mais imprecisas. Os dados usados para análise, portanto, referem-se a 56 transmissores. *Tursiops truncatus* segue como a espécie com o maior número de indivíduos marcados (n = 16), seguida de *Balaenoptera borealis* (n = 14) e de *Megaptera novaeangliae* (n = 9).

O maior número de tentativas de marcação com transmissores satelitais ocorreu na 2ª e na 7ª Campanha (23 em cada), enquanto com o DTAG foi na 5ª Campanha (n = 10). O maior sucesso de marcação ocorreu na 9ª Campanha (76,2%). O maior número de cetáceos de grande porte registrados nas campanhas de inverno e primavera foi o principal fator relacionado a um maior número de tentativas de marcação nas campanhas dessas estações, assim como de transmissores utilizados. O tempo de transmissão dos transmissores satelitais manteve-se entre 1 e 60 dias, dos quais 44,4% transmitiram por mais de 10 dias (**Tabela IV-8**).

Ao longo de cinco anos, foram colocados *tags* arquivais (DTAGs) em cinco espécies de misticetos e quatro espécies de odontocetos, totalizando 18 procedimentos de instalação com sucesso. Com relação ao CATS, este foi instalado com sucesso em duas oportunidades, ambas em baleias-sei.

Tabela IV-6: *Resumo do esforço e tamanho amostral realizado nas Campanhas de Telemetria em cinco anos do PMC-BS.*

Parâmetros	Campanhas de Telemetria										TOTAL (MÉDIA)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Período da campanha	22/02/16 - 17/03/16	10/08/16 - 03/09/16	31/01/17 - 24/02/17	05/07/17 - 10/08/17	28/10/17 - 21/11/17	21/03/18 - 14/04/18	18/07/18 - 11/08/18	16/01/19 - 09/02/19	11/07/19 - 04/08/19	15/01/20 - 08/02/20	-
Dias de campanha	25	25	25	37	25	25	25	25	25	25	262 (26,2)
Dias de esforço	22	24	24	34	24	24	24	24	23	23	246 (24,6)
Esforço amostral (horas)	246,3	248,2	288,4	329,7	269,2	261,6	239,9	298,2	234,3	279,1	2.694,9 (269,5)
Esforço amostral (milhas náuticas)	1.579,3	1.405,6	1.826,3	1.828,8	1.818,7	1.686,3	1.272,7	1.652,5	1.342,7	1.811,1	16.197 (1.619,7)
Número de grupos de cetáceos	52	96	44	121	64	36	101	66	96	46	722 (72,2)
Número de espécies registradas	10	10	9	14	10	9	12	11	14	7	23 (10)
Número de indivíduos registrados	1.181	1.034	1.267	1.212	1.415	3.598	974	1.886	822	1.293	14.682 (1.468,2)
Número total de tentativas de marcação	13	25	12	21	28	11	29	12	21	4	176 (17,6)
Número de tentativas de marcação com transmissor satelital	10	23	5	16	18	10	23	10	14	4	133 (13,3)
Número de animais marcados com	2	14	4	6	4	6	13	2	9	2	62 (6,2)

Parâmetros	Campanhas de Telemetria										TOTAL (MÉDIA)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
sucesso com transmissor satelital											
Número de espécies marcadas com sucesso com transmissor satelital	1	6	1	5	2	2	6	2	5	1	13 (3,1)
Número de tentativas de marcação com arquivais (DTAG/CATS)	3	2	7	5	10	1	6	2	7	0	43 (4,3)
Número de animais marcados com arquivais (DTAG/CATS)	1	1	1	3	5	1	3	2	3	0	20 (2)
Número de espécies marcadas com DTAG e CATS	1	1	1	3	2	1	3	2	1	0	9 (1,5)
Taxa de sucesso de colocação de transmissores*	23,1%	60%	41,7%	42,8%	32,1%	63,6%	55,2%	33,3%	76,2%	50%	(43,9%)

* O cálculo do sucesso de marcação considerou o percentual de transmissores instalados com sucesso em relação ao número de tentativas de marcação (ou seja, foram excluídos desse cálculo apenas os transmissores com problemas no procedimento de instalação).

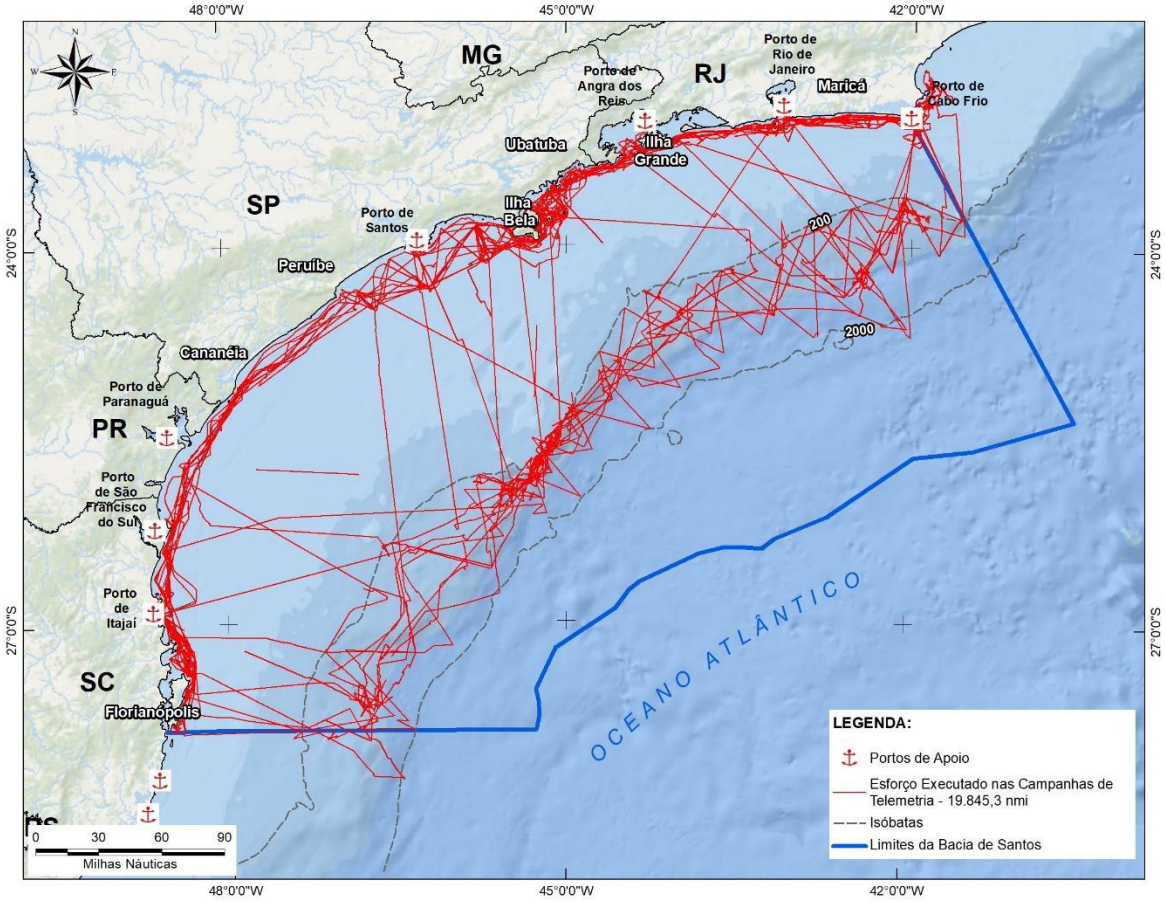


Figura IV-3: *Rotas percorridas durante as Campanhas de Telemetria nos cinco anos de PMC-BS.*

Tabela IV-7: *Espécies de cetáceos marcadas com sucesso com transmissores satelitais, usando diferentes sistemas de ancoragem, e DTAGs durante as dez Campanhas de Telemetria na Bacia de Santos. I = implantável; L = LIMPET.*

Espécie	Tipo de transmissor				Total
	I	L	DTAG	CATS	
Eubalaena australis	0	0	2	0	2
Balaenoptera musculus	1	0	0	0	1
Balaenoptera physalus	1	1	1	0	3
Balaenoptera borealis	3	11	1	2	17
Balaenoptera brydei	0	3	2	0	5
Balaenoptera bonaerensis	0	2	0	0	2
Megaptera novaeangliae	9	0	8	0	17
Physeter macrocephalus	1	2	1	0	4
Orcinus orca	0	6	1	0	7
Globicephala macrorhynchus	0	3	1	0	4
Peponocephala electra	0	2	1	0	3
Grampus griseus	0	1	0	0	1
Steno bredanensis	0	1	0	0	1
Tursiops truncatus	0	16	0	0	16
TOTAL	**15**	**48**	**18**	**2**	**83**

Tabela IV-8: *Duração (em dias) da coleta de dados dos transmissores satelitais implantados em cetáceos de acordo com tipo de ancoragem durante as dez Campanhas de Telemetria do PMC na Bacia de Santos.*

Ancoragem	Duração (dias)		
	Mínima	Máxima	Média
Implantável	3	60	29,4
LIMPET	1	59	18,4

IV.5 Fotoidentificação

Este item apresenta um resumo dos dados processados até o 10º Ciclo de campanhas do PMC-BS, com destaque ao 9º e 10º Ciclos. Durante a 9º Campanha de Avistagem Embarcada e MAP foram registradas 3.235 fotografias para Foto-ID. Na 9º Campanha de Telemetria foram tiradas 5.800 fotografias. Este 9º ciclo demandou 19 dias para analisar completamente os registros da Campanha de Avistagem Embarcada e MAP (177 registros/dia), e 23 dias para analisar os registros da Campanha de Telemetria (252 registros/dia). Durante a 10º Campanha de Avistagem Embarcada e MAP foram registradas 1.725 fotografias para Foto-ID. É importante enfatizar que esta campanha não foi concluída nesta ocasião, justificando o menor número de registros em relação às campanhas anteriores. A parte restante da Campanha 10 foi finalizada em outubro e novembro de 2020, visando complementar o esforço amostral da etapa paralisada. Os resultados do complemento da Campanha 10 serão apresentados no próximo Relatório Anual do PMC (RA-6).

Na 10º Campanha de Telemetria foram tiradas 5.117 fotografias. Este 10º ciclo demandou 16 dias para analisar completamente os registros da Campanha de Avistagem Embarcada e MAP (107 registros/dia), e 28 dias para analisar os registros da Campanha de Telemetria (182 registros/dia). Nota-se que nos primeiros ciclos a taxa de registros processados por dia era baixa, aumentando nos ciclos seguintes e voltando a cair nos últimos ciclos (**Figura IV-4**). Nos primeiros ciclos, a baixa taxa de processamento diário se deu pela necessidade de aperfeiçoamento de protocolos e treinamento de equipe. Nos ciclos finais, a redução nessa taxa reflete o aumento nos catálogos de referência por espécie, o que majora significativamente o tempo de comparação dos registros com as fotos dos catálogos. Percebe-se ainda que tanto no 9º quanto no 10º ciclo houve um menor número de registros quando comparado com campanhas anteriores. No total, considerando todos os ciclos, 144.340 fotos foram integralmente processadas (1.183,3 GB).

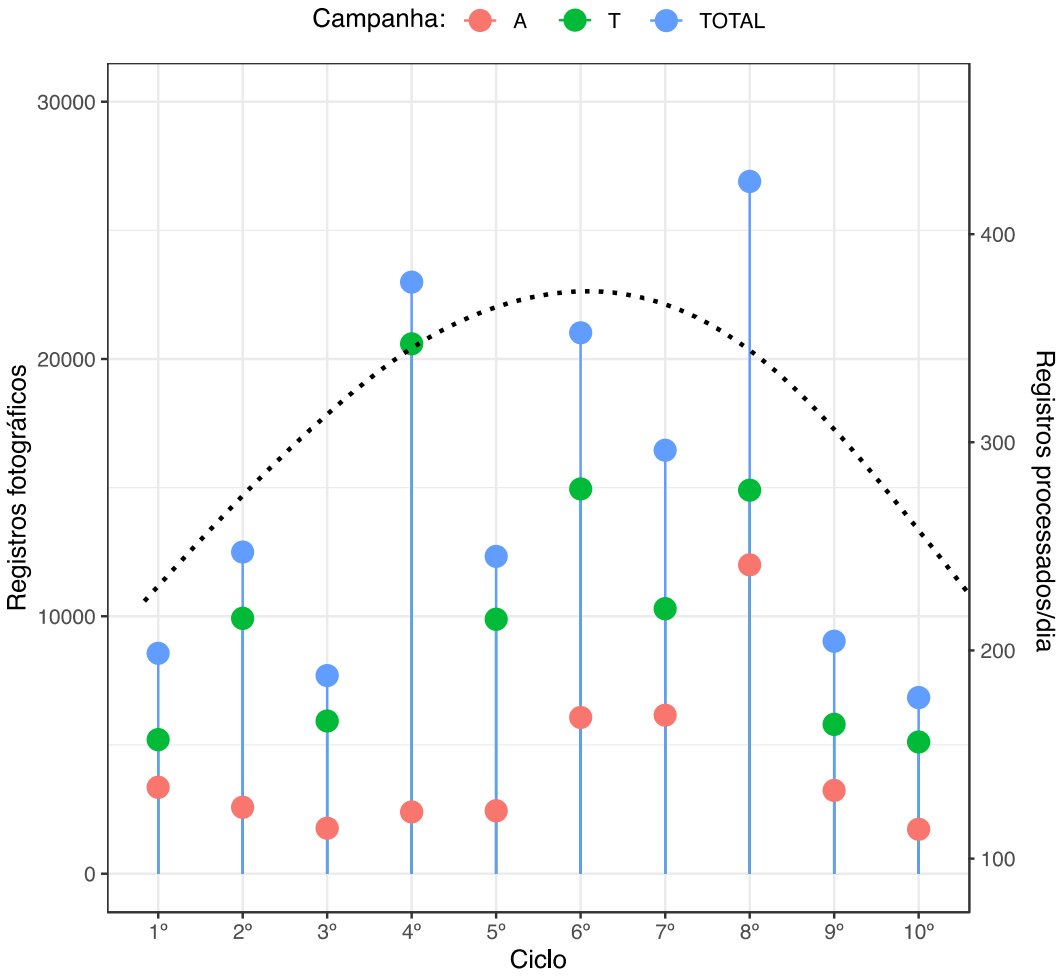


Figura IV-4: *Variação no número de registros fotográficos por ciclo e campanha (A – Avistagem e MAP; T – Telemetria). A linha pontilhada representa a variação, entre ciclos, do número de registros processados por dia.*

Confecção de catálogos de referência

Com exceção da baleia-franca-austral (*Eubalaena* australis), para todas as outras 26 espécies com registros fotográficos no PMC foi possível iniciar a elaboração do catálogo de referência. A **Tabela IV-9** apresenta o acompanhamento acumulado do número de indivíduos catalogados por espécie, destacando as catalogações nos 9º e 10º ciclos. Aproximadamente 28% dos indivíduos catalogados até o momento são de *Tursiops truncatus*, que continuam dominando amplamente o banco de dados catalogados, seguidos por *Stenella frontalis* (~16%). De um total de 26 espécies, 10 já apresentam

um catálogo com mais de 50 indivíduos e 2.272 indivíduos já estão catalogados no total. O catálogo de referência completo de cada espécie foi disponibilizado no SisPMC. A **Figura IV.6.2** apresenta o crescimento temporal dos catálogos das espécies com maior número de indivíduos até o momento.

Tabela IV-9: *Número cumulativo de indivíduos em cada catálogo por espécie acumulado até o 8º Ciclo e nos 9º e 10º Ciclos (T9 – Telemetria do 9º Ciclo; A9 – Avistagem e MAP do 9º Ciclo; T10 – Telemetria do 10º Ciclo).*

Espécie	Até 8º Ciclo	9º Ciclo		10º Ciclo	
		T9	A9	T10	A10
Balaenoptera musculus	4	4	4	4	4
Balaenoptera physalus	13	15	17	17	17
Balaenoptera borealis	30	35	40	40	40
Balaenoptera brydei	25	27	27	28	29
Balaenoptera acutorostrata	1	1	1	1	1
Balaenoptera bonaerensis	3	3	3	5	5
Megaptera novaeangliae	65	75	80	80	80
Physeter macrocephalus	4	4	4	4	4
Kogia sima	1	1	2	2	2
Ziphius cavirostris	1	1	1	1	1
Orcinus orca	25	27	29	29	29
Globicephala sp.	101	117	117	117	117
Pseudorca crassidens	11	11	11	11	11
Feresa attenuata	34	34	34	34	34
Peponocephala electra	271	271	271	271	271
Sotalia guianensis	68	68	68	106	106
Steno bredanensis	63	67	67	67	79
Grampus griseus	110	110	110	110	110
Tursiops truncatus	419	436	451	501	642
Stenella attenuata	39	39	39	40	39
Stenella frontalis	173	250	270	330	377
Stenella longirostris	143	157	157	164	172
Stenella clymene	27	27	27	27	27
Delphinus sp.	24	24	28	60	60
Lagenodelphis hosei	14	14	14	14	14
Pontoporia blainvillei	1	1	1	1	1
Total	**1.670**	**1.817**	**1.874**	**2.064**	**2.272**

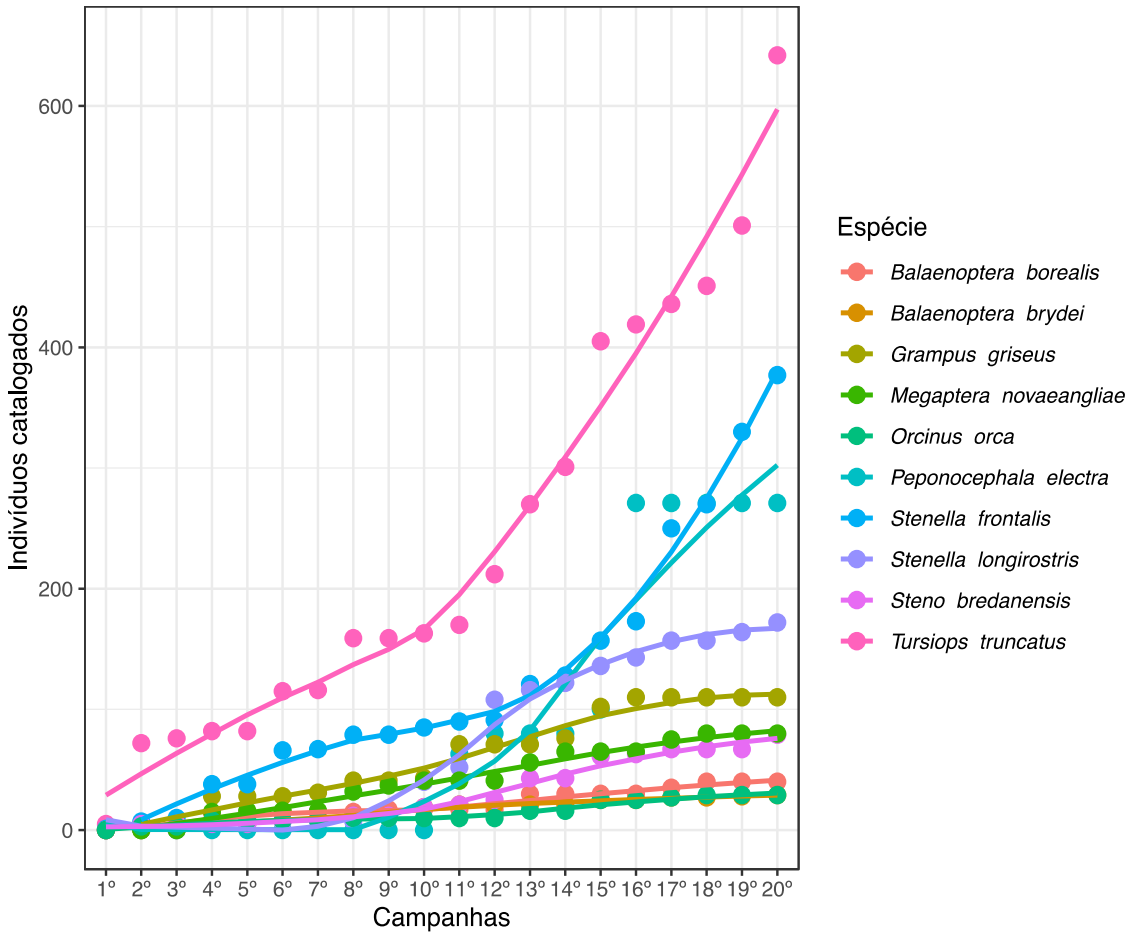


Figura IV-5: *Acompanhamento cumulativo entre campanhas do crescimento dos catálogos para as 10 espécies com mais indivíduos catalogados no PMC-BS.*

Comparação de catálogos: Processamento final

Após a triagem inicial, 25.261 registros fotográficos foram classificados como de qualidade (A), (B+) e (B-) e então analisados no processamento final. Destes, 20.034 foram identificados individualmente, caracterizando uma taxa de sucesso na fotoidentificação de 79%. A **Figura IV-6** apresenta, por espécie e acumulado até o 10º ciclo, a relação entre este total de registros fotográficos utilizáveis e os registros fotoidentificados.

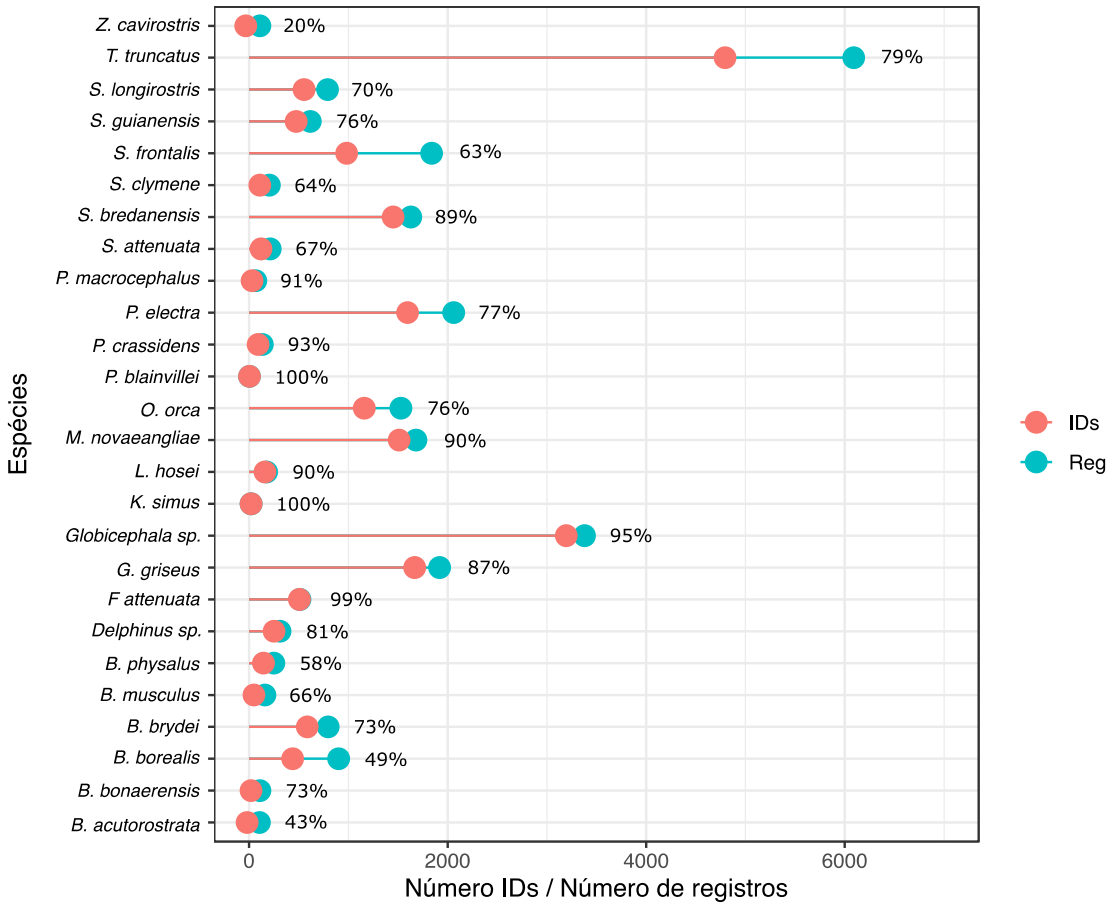


Figura IV-6: *Percentagens (%) de identificações em relação ao total de registros fotográficos utilizados – qualidade (A), (B+) e (B-) – por espécie.*

Ao longo de todos os ciclos, há uma tendência de um sucesso de identificação maior nos registros procedentes das Campanhas de Telemetria, embora isto possa variar entre espécies, dependendo do contexto e condições da amostragem. Nota-se também muita variação por espécie na taxa de sucesso de identificação – algumas são mais reconhecíveis que outras. Percebe-se também que, como já observado em ciclos anteriores, a taxa de sucesso na identificação vem aumentando gradualmente, agora passando de 75% para 79% no total dos dados. Nestes últimos dois ciclos, destaque especial para os registros de *Megaptera novaeangliae, Balaenoptera borealis*, *Orcinus orca*, *Globicephala* sp. e *Stenella frontalis*, que tiveram alta taxa de identificação, além de muitos indivíduos identificados.

Além do processamento total dos dados, o cronograma de atualização na comparação de catálogos com outros grupos de pesquisa foi seguido. A tabela IV.6.1 resume as comparações realizadas até o momento.

Tabela IV-10: *Resumo das comparações de catálogos com outros grupos de pesquisa, número de fotos comparadas e reavistagens.*

Catálogos / instituição	**Espécies**	**Nº Fotos**	**Reavistagens**
Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro (PBGRJ) / Aqualie	*Balaenoptera brydei*	40	1
	Megaptera novaeangliae	81	0
	Steno bredanensis	190	25
	Tursiops truncatus	599	4
Projeto Baleia A Vista	*Balaenoptera brydei*	85	3
	Orcinus orca	54	3
Instituto Baleia Jubarte	*Megaptera novaeangliae*	1080	1
	Steno bredanensis	150	0
	Tursiops truncatus	340	0
Projeto Talude / FURG	*Tursiops truncatus*	383	0
	Orcinus orca	71	0
LBEC / UFRRJ	*Tursiops truncatus*	650	0
LAMAq / UFSC	*Tursiops truncatus*	450	1
Falklands Conservation	*Balaenoptera borealis*	270	1
Antarctic Blue Whale Catalogue / IWC	*Balaenoptera musculus*	*	0
Happywhale	*Megaptera novaeangliae*	*	1

* Catálogo do PMC foi disponibilizado para comparação.

IV.6 Coleta de Biópsias

Ao longo dos cinco anos do PMC-BS, coletou-se um total de 448 amostras (434 biópsias, 13 amostras de pele solta na água ou presa no copo de sucção do transmissor arquival e uma amostra de carcaça em decomposição) de cetáceos nas Campanhas de Avistagem e MAP e de Telemetria (**Figura IV-7**). No total das 20 campanhas (10 de Avistagem e MAP, e 10 de Telemetria), 20

espécies de cetáceos (12 odontocetos e 08 misticetos) foram amostradas e identificadas geneticamente (**Tabela IV-11**).

Stenella frontalis foi a espécie com o maior número de amostras coletadas (25,22%), sendo amostrada em quase todas as campanhas, exceto na primeira de Avistagem e MAP, seguida de *Tursiops truncatus* (18,75%), *S. longirostris* (12,94%), *Balaenoptera borealis* (6,25%), *Megaptera novaeangliae* (6,02%) e *Delphinus delphis* (5,35%). As outras 14 espécies apresentaram menos de 5% do total de amostras coletadas em cinco anos, sendo que duas (*Sotalia guianensis*, n = 2, e *B. acutorostrata*, n = 1) foram amostradas em apenas uma campanha (**Tabela IV-11**).

As campanhas de Telemetria apresentaram uma média de 32 amostras coletadas por campanha, e foram as plataformas primárias de coleta de biópsias, com um total de 327 amostras (73%) coletadas em 10 campanhas (**Tabela IV-12**). Em contrapartida, as campanhas de Avistagem Embarcada e MAP (n = 121) apresentaram uma média de 12 amostras por campanha. Esse menor esforço e tamanho amostral para essas campanhas já era esperado em função do procedimento de transecção das avistagens embarcadas. Nessas campanhas, as biópsias foram oportunísticas e o maior aproveitamento da amostragem foi para grupos de delfinídeos (Odontocetos, com 95% da amostragem) em comportamento de *bow-riding* na proa da embarcação (**Tabela IV-12**).

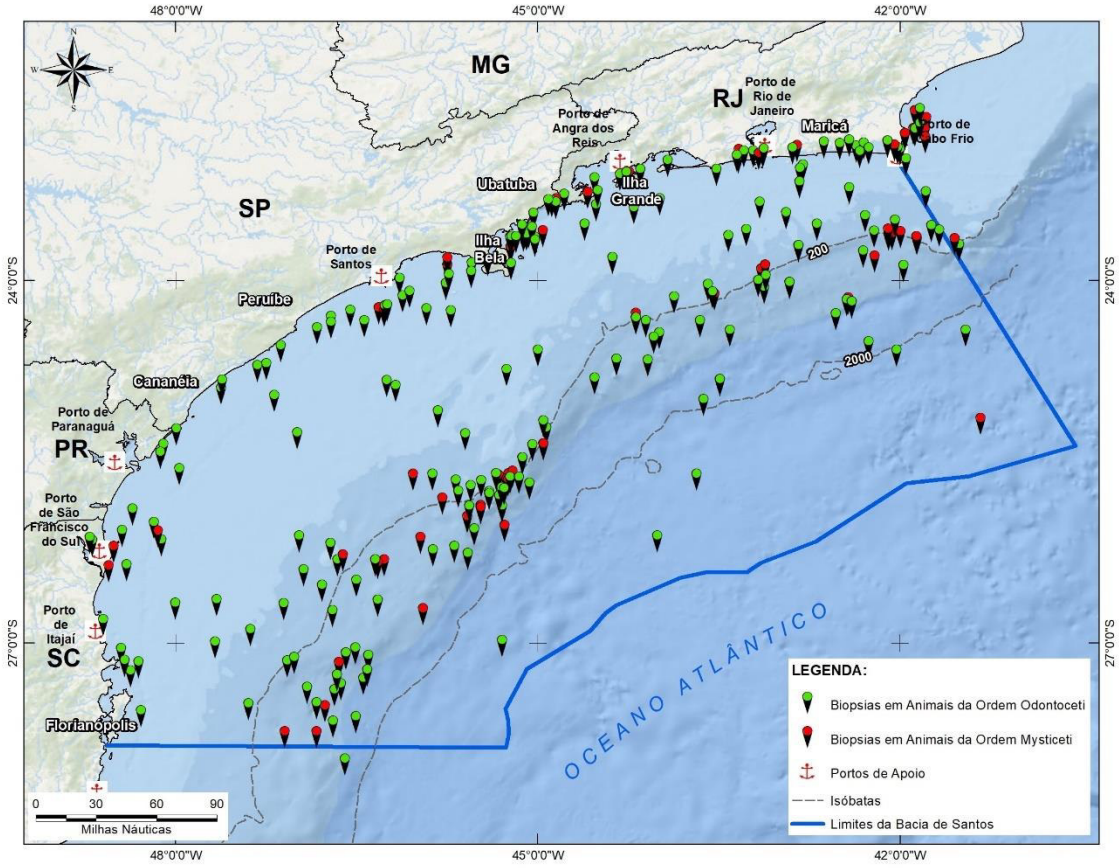


***Figura IV-7**: Biópsias realizadas durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e Telemetria nos cinco primeiros anos do PMC-BS.*

Tabela IV-11: *Número de amostras por espécie amostrada, após cada campanha do PMC na Bacia de Santos. A1 a A10 – Avistagem e MAP do 1º ao 10° ciclo; T1 a T10 – Telemetria do 1º ao 10° ciclo.*

Espécie	A1	T1	A2	T2	A3	T3	A4	T4	A5	T5	A6	T6	A7	T7	A8	T8	A9	T9	A10	T10	Total
Tursiops truncatus	2	13	4	1	0	7	6	3	1	0	3	5	0	2	3	7	4	3	7	13	84
Sotalia guianensis	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Stenella frontalis	0	3	9	6	3	5	7	6	3	4	13	8	3	3	4	14	3	5	6	8	113
Stenella longirostris	0	5	1	2	0	11	0	0	3	7	6	11	1	0	0	2	0	2	1	6	58
Stenella attenuata	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	6	0	0	1	3	0	0	0	3	19
Stenella clymene	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	2	1	0	2	0	0	1	0	0	11
Delphinus delphis	0	2	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	4	4	0	1	7	24
Steno bredanensis	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4	0	2	1	4	0	0	0	0	15
Globicephala macrorhynchus	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4	0	4	0	0	13
Orcinus orca	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	5
Peponocephala electra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Physeter macrocephalus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	7
Balaenoptera acutorostrata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Balaenoptera brydei	0	2	0	2	0	6	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	14
Balaenoptera bonaerensis	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Balaenoptera borealis	0	0	0	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	7	0	0	2	6	0	0	28
Balaenoptera physalus	0	0	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7

Espécie	A1	T1	A2	T2	A3	T3	A4	T4	A5	T5	A6	T6	A7	T7	A8	T8	A9	T9	A10	T10	Total
Balaenoptera musculus	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7
Megaptera novaeangliae	0	0	0	4	0	0	0	10	0	4	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	27
Eubalaena australis	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Total	**2**	**31**	**17**	**28**	**5**	**30**	**14**	**42**	**7**	**28**	**23**	**41**	**8**	**23**	**12**	**39**	**14**	**27**	**19**	**38**	**448**

Tabela IV-12: *Número de amostras de Odontocetos e Misticetos coletadas durante as campanhas de Avistagem e MAP, e de Telemetria do 1° ao 10° ciclo do PMC-BS.*

Ciclo	Avistagem e MAP			Telemetria			Total Biópsias
	Odontoceto	Misticeto	Total	Odontoceto	Misticeto	Total	
1°	2	0	**2**	29	2	**31**	**33**
2°	15	2	**17**	11	17	**28**	**45**
3°	5	0	**5**	24	6	**30**	**35**
4°	14	0	**14**	14	28	**42**	**56**
5°	7	0	**7**	22	6	**28**	**35**
6°	23	0	**23**	41	0	**41**	**64**
7°	8	0	**8**	9	14	**23**	**31**
8°	12	0	**12**	39	0	**39**	**51**
9°	12	2	**14**	15	12	**27**	**41**
10°	17	2	**19**	37	1	**38**	**57**
Total	**115**	**6**	**121**	**241**	**86**	**327**	**448**

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO ORIENTADA PARA OS OBJETIVOS

V.1 Comunidade de cetáceos

V.1.1 Composição e estrutura da comunidade de cetáceos

Qual a riqueza de espécies de cetáceos da Bacia de Santos?

Para caracterizar a riqueza de espécies da Bacia de Santos, além dos dados coletados no Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS), foram consultadas as seguintes fontes: (1) literatura científica; (2) Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS), com informações disponíveis no banco de dados SIMBA; e (3) Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos (SIMMAM) (BARRETO et al., 2006).

Com base nos diversos bancos de dados consultados sobre a Bacia de Santos, existem registros de 39 espécies distribuídas em sete famílias de cetáceos, sendo 31 espécies de odontocetos e oito espécies de misticetos (**Tabela V-1**). As Famílias Delphinidae, Balaenopteridae e Ziphiidae foram as que apresentaram maior riqueza de espécies na Bacia de Santos, e esta diversidade reflete a riqueza específica destas famílias em nível global. De acordo com a literatura (SANTOS et al., 2010; LODI; BOROBIA, 2014; DI TULLIO et al., 2016), as espécies registradas na bacia são bem representativas dos cetáceos que ocorrem no Brasil, correspondendo a cerca de 85% da fauna desse grupo registrada no país. Entre 2015 e 2020, em 30 campanhas realizadas pelo PMC-BS, foram registradas 27 espécies de cetáceos. Esta riqueza corresponde a pouco mais de 70% da riqueza registrada na Bacia de Santos pela literatura e pelos bancos de dados consultados, como o SIMMAM e o SIMBA (PMP-BS).

A curva cumulativa de espécies (método de rarefação) registradas em campanhas embarcadas do PMC cresceu de forma abrupta nos primeiros 100 dias de esforço, atingindo uma riqueza de 20 espécies (**Figura V-1**). Depois disso, o ritmo de descoberta de novas espécies reduziu e após 300 dias de esforço tendeu à estabilização. Neste último ano (Ciclos 9 e 10), não foi registrada nenhuma espécie nova pelo PMC-BS. A estabilização da curva sugere que o esforço empregado nos primeiros cinco anos foi adequado para

descrever a comunidade, mas considerando a lista de espécies esperada de ocorrer na Bacia de Santos usando todas as fontes de dados, ainda existe o potencial de registro de espécies raras ou ocasionais na área de estudo.

Dentre estas espécies raras, por ser um vagante do sul e a Bacia de Santos estar além do limite de sua distribuição, está o boto-de-óculos *(Phocoena dioptrica*), que foi registrado somente pelo PMP. Além desta espécie, o golfinho-listrado (*Stenella coeruleoalba*) e a cachalote-pigmeu (*Kogia breviceps*) também foram registradas pelo PMP-BS, mas não foram detectadas ou confirmadas pelo PMC-BS. As três espécies citadas registradas pelo PMP-BS mas sem registro pelo PMC-BS são consideradas pouco frequentes na Bacia de Santos ou raras, a julgar pela escassez de registros na literatura. Os kogídeos foram mais frequentes no PMC-BS, mas foram detectados principalmente acusticamente e sem confirmação da espécie.

Por outro lado, quatro espécies foram registradas somente no PMC-BS, sem registro de encalhe pelo PMP-BS, sendo elas: a baleia-azul, a baleia-piloto-de-peitorais-curtas, o golfinho-de-Risso e a falsa-orca. Todas estas espécies têm hábitos oceânicos e raramente se aproximam da costa, o que explica a ausência de encalhes.

Tabela V-1: Espécies de cetáceos registradas na Bacia de Santos segundo as fontes de dados dos registros - ver texto sobre as fontes de dados. PMC = Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos; PMP = Projeto de Monitoramento de Praias na Bacia de Santos; SIMMAM = Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos. Tipos de Campanhas do PMC: AE = Avistagem Embarcada; AA = Avistagem Aérea; TE = Telemetria. Habitat: C = costeira; Oc = oceânica. Status: MMA = Ministério do Meio Ambiente; IUCN = União Internacional para a Conservação da Natureza; CR = criticamente em perigo; EM = em perigo; VU = vulnerável; QA = quase ameaçada; BR = baixo risco; DD = deficiente em dados.

Nome comum	Nome científico	Literatura *	PMP	SIMMAM	PMC			Habitat	Status	
					AE	AA	TE		MMA	IUCN
SUBORDEM MYSTICETI										
Família Balaenidae										
Baleia-franca-austral	*Eubalaena australis*	X	X	X			X	C	EM	BR
Família Balaenopteridae										
Baleia-jubarte	*Megaptera novaeangliae*	X	X	X	X	X	X	C, Oc	-	BR
Baleia-azul	*Balaenoptera musculus*			X			X	Oc	CR	EM
Baleia-fin	*B. physalus*	X	X	X	X		X	Oc	EM	VU
Baleia-sei	*B. borealis*	X	X	X	X	X	X	Oc	EM	EM
Baleia-de-Bryde	*B. brydei*	X	X	X	X	X	X	C, Oc	-	BR
Baleia-minke-antártica	*B. bonaerensis*	X		X	X		X	Oc	-	QA
Baleia-minke-anã	*B. acutorostrata*	X	X	X	X			C, Oc	-	BR
SUBORDEM ODONTOCETI										
Família Physeteridae										
Cachalote	*Physeter macrocephalus*	X	X	X	X	X	X	Oc	VU	VU

Nome comum	Nome científico	Literatura *	PMP	SIMMAM	PMC			Habitat	Status	
					AE	AA	TE		MMA	IUCN
Família Kogiidae										
Cachalote-pigmeu	*Kogia breviceps*	X	X					Oc	-	DD
Cachalote-anão	*Kogia sima*	X	X		X			Oc	-	DD
Família Ziphiidae										
Baleia-bicuda-de-Cuvier	*Ziphius cavirostris*	X	X		X			Oc	-	BR
Baleia-bicuda-de-Arnoux	*Berardius arnuxii*	X						Oc	-	DD
Baleia-bicuda-do-sul	*Hyperoodon planifrons*	X						Oc	-	BR
Baleia-bicuda-de-True	*Mesoplodon mirus*	X						Oc	-	DD
Baleia-bicuda-de-Gervais	*Mesoplodon europaeus*	X						Oc	-	DD
Baleia-bicuda-de-Layard	*Mesoplodon layardii*	X						Oc	-	DD
Baleia-bicuda-de-Blainvillei	*Mesoplodon densirostris*	X						Oc	-	DD
Família Pontoporiidae										
Toninha	*Pontoporia blainvillei*	X	X		X	X	X	C	CR	VU
Família Delphinidae										
Golfinho-de-dentes-rugosos	*Steno bredanensis*	X	X	X	X		X	C, Oc	-	BR
Boto-cinza	*Sotalia guianensis*	X	X	X	X	X	X	C	VU	QA
Golfinho-nariz-de-garrafa	*Tursiops truncatus*	X	X	X	X		X	C, Oc	-	BR
Golfinho-pintado-pantropical	*Stenella attenuata*	X	X	X	X		X	Oc	-	BR
Golfinho-pintado-do-Atlântico	*S. frontalis*	X	X	X	X		X	C, Oc	-	BR
Golfinho-rotador	*S. longirostris*	X	X	X	X		X	Oc	-	BR

Nome comum	Nome científico	Literatura *	PMP	SIMMAM	PMC			Habitat	Status	
					AE	AA	TE		MMA	IUCN
Golfinho-de-Clymene	*S. clymene*	X		X	X		X	Oc	-	BR
Golfinho-listrado	*S. coeruleoalba*	X	X	X				Oc	-	BR
Golfinho-comum	*Delphinus delphis*	X	X	X	X		X	C, Oc	-	BR
Golfinho-de-Fraser	*Lagenodelphis hosei*	X	X		X			Oc	-	BR
Golfinho-liso-do-sul	*Lissodelphis peronii*	X						Oc	-	BR
Golfinho-de-Risso	*Grampus griseus*	X		X	X	X	X	Oc	-	BR
Golfinho-cabeça-de-melão	*Peponocephala electra*	X	X	X	X		X	Oc	-	BR
Orca-pigmeia	*Feresa attenuata*	X	X	X	X		X	Oc	-	BR
Falsa-orca	*Pseudorca crassidens*	X		X	X	X	X	C, Oc	-	QA
Orca	*Orcinus orca*	X	X	X	X	X	X	C, Oc	-	DD
Baleia-piloto-de-peitorais-longas	*Globicephala melas*	X		X				Oc	-	BR
Baleia-piloto-de-peitorais-curtas	*G. macrorhynchus*	X		X	X		X	Oc	-	BR
Família Phocoenidae										
Boto-de-Burmeister	*Phocoena spinipinnis*	X						C	-	QA
Boto-de-óculos	*P. dioptrica*	X	X					C, Oc	-	BR

* Ver Santos et al. (2010); Lodi; Borobia (2014); Di Tullio et al. (2016).
** *Status* de ameaça em nível nacional de acordo com a portaria MMA n° 444/2014 e em nível internacional de acordo com a União Internacional para a Proteção da Natureza (IUCN).
*** As informações de habitat foram extraídas deste relatório para a Bacia de Santos ou, quando não existem dados para a região, seguindo Jefferson et al. (2015).

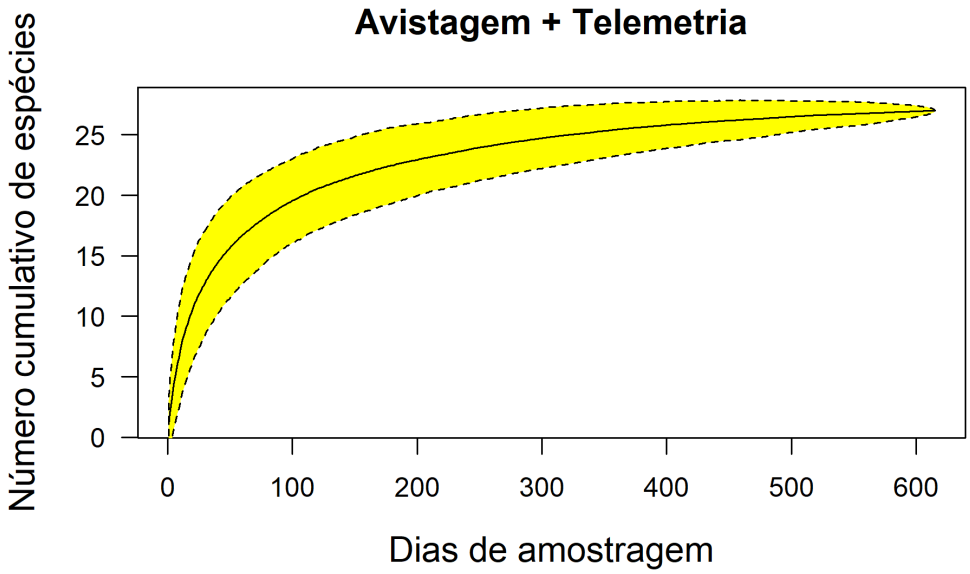


Figura V-1: *Curva cumulativa de número de espécies de cetáceos na Bacia de Santos por esforço, calculada por reamostragem dos dias de amostragem em campanhas embarcadas do PMC entre 2015 e 2020.*

Qual o grau de ameaça de extinção dos cetáceos da Bacia de Santos?

O grau de ameaça de extinção de cada espécie foi identificado pelo seu status de conservação segundo a lista de espécies da fauna do Brasil ameaçadas de extinção (Portaria MMA n° 444/2014), ou pelo seu status em nível global de acordo com a União Internacional para a Proteção da Natureza (IUCN). A maioria das espécies não estava listada na portaria do MMA e, nestes casos, foi considerado o status em nível global.

Pouco mais da metade das espécies de cetáceos (54%) foi classificada como “Baixo Risco” de extinção na natureza (**Figura V-2**). Aproximadamente 20% das espécies foram classificadas como “Deficiente em Dados”, com ameaças humanas identificadas, mas ausência de informação sobre a abundância, trajetória da população, mortalidade ou outros parâmetros que permitam uma classificação do grau de ameaça.

Dentre as sete espécies que ocorrem na Bacia de Santos listadas como ameaçadas de extinção, destacam-se as três maiores baleias de barbatana: baleia-azul (*Balaenoptera musculus*), baleia-fin (*B. physalus*) e baleia-sei (*B.*

borealis) e a cachalote (*Physeter macrocephalus*). Das grandes baleias, a baleia-azul (*B. musculus*) foi a única espécie classificada como "Criticamente Ameaçada" de extinção pelo MMA. As populações destas grandes espécies foram drasticamente reduzidas pela caça no século passado (BALLANCE et al., 2006). A baleia-franca-austral (*Eubalaena australis)* também é listada como ameaçada e teve sua população reduzida pela caça, mas a principal concentração reprodutiva da espécie na costa brasileira fica na região costeira ao sul da Bacia de Santos (SEYBOTH et al., 2015).

Outras duas espécies estritamente costeiras de pequenos odontocetos listadas como ameaçadas merecem destaque: o boto-cinza (*Sotalia guianensis*), classificado como "Vulnerável"; e a toninha (*Pontoporia blainvillei*), classificada como "Criticamente Ameaçada" de extinção. Estas espécies têm hábitos costeiros e convivem com grande pressão antrópica, ocasionada pelo emalhamento acidental em artefatos de pesca, poluição química e outros vetores antropogênicos que ameaçam seus habitats (LODI; BOROBIA, 2013).

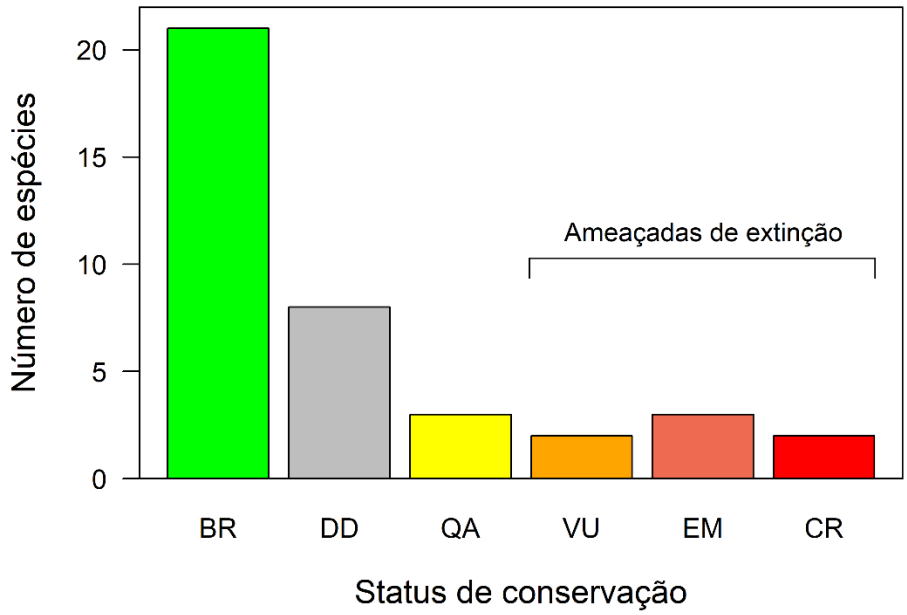


Figura V-2: *Status de ameaça segundo o MMA (ou IUCN quando não constam na lista do MMA) das espécies de cetáceos com ocorrência registrada para a Bacia de Santos.*

Como a comunidade de cetáceos é estruturada?

Para a caracterização da estrutura da comunidade de cetáceos, optou-se por usar somente os dados das campanhas embarcadas do PMC (Avistagem Embarcada e Telemetria), pois nestas campanhas é possível realizar de forma mais efetiva a identificação taxonômica das espécies visualmente e com auxílio da genética.

As espécies mais frequentes na Bacia de Santos entre 2015 e 2020, identificadas pelos registros nas amostragens do PMC, são a baleia-jubarte, o golfinho-pintado-do-Atlântico, o golfinho-nariz-de-garrafa e a baleia-de-Bryde (**Figura V-3**). Estas quatro espécies compreendem 60,1% do total das detecções em esforço do PMC.

Um total de 12 (44%) das 27 espécies registradas no PMC apresentou menos de 10 detecções e, portanto, elas foram consideradas pouco frequentes ou raras. Esta baixa frequência pode ser decorrente de um ou mais dos seguintes motivos: (a) baixa densidade natural destas espécies (p.ex., falsa-orca, baleia-azul, orca-pigméia) na Bacia de Santos; (b) da Bacia de Santos consistir em habitats limítrofes na distribuição da espécie (p.ex., baleia-franca-austral); (c) da dificuldade na identificação taxonômica da espécie (p.ex., golfinho-comum-de-bico-curto, baleia-piloto-de-peitorais-curtas); e (d) da dificuldade na detecção da espécie por conta de seu comportamento elusivo (p.ex., baleia-bicuda-de-Cuvier, cachalote-anão). As situações (c) e (d) resultam na subestimação da frequência de algumas espécies, e a complementariedade das técnicas utilizadas no PMC oferece informações que ajudam na descrição mais fidedigna da comunidade de cetáceos.

A maioria dos registros dos gêneros *Globicephala* e *Delphinus* foi considerada em nível de gênero pela dificuldade de identificação taxonômica visual. A identificação das baleias-piloto exige uma visualização das nadadeiras peitorais, que nem sempre é possível em campo, e a identificação dos golfinhos do gênero Delphinus exige uma medida relativa do tamanho do rostro, que carece de precisão. Todos os registros destes gêneros com coleta de biópsia foram identificados geneticamente como baleia-piloto-de-peitorais-curtas (*Globicephala macrorhynchus*) (n = 3) e golfinho-comum-de-bico-curto

(*Delphinus delphis*) (n = 8) (ver item **V.1.2 Identificação Molecular das Espécies**).

As identificações do golfinho-comum-de-bico-longo (*Delphinus capensis*) na costa do estado de São Paulo se basearam em características craniométricas (SANTOS et al., 2010), mas ainda existem controvérsias em relação à taxonomia do gênero no Atlântico Sul (TAVARES et al., 2010). Aqui, as detecções na Bacia de Santos pelo PMC serão tradadas com base na proximidade genética com *Delphinus delphis*. Se todos os registros do gênero *Delphinus* fossem considerados como desta espécie, ter-se-ia um total de 14 grupos detectados, colocando a espécie como frequente na comunidade. O mesmo ocorre para a baleia-piloto-de-peitorais-curtas, com 25 detecções em nível de gênero pelo PMC.

Além das detecções visuais, para a cachalote, os registros acústicos também foram considerados para o gênero *Kogia* e a Família Ziphiidae, pois a identificação destes táxons pelas características dos sons é possível. Foram realizados 13 registros atribuídos à Família Ziphiidae, sendo 12 acústicos, mas sem confirmação da espécie. Os registros realizados pelo PMC para o gênero *Kogia* totalizaram 24 espécimes, sendo 3 visualizações (dois identificados como *Kogia sima* e outro não identificado) e 22 registros acústicos, a maioria sem identificação de espécie. Um dos registros foi realizado simultaneamente entre as equipes de monitoramento visual e acústico, sendo identificado visualmente como *Kogia sima*. Os registros acústicos evidenciam que os kogídeos e zifídeos são frequentes na Bacia de Santos, o que seria impossível de constatar somente pelos registros visuais.

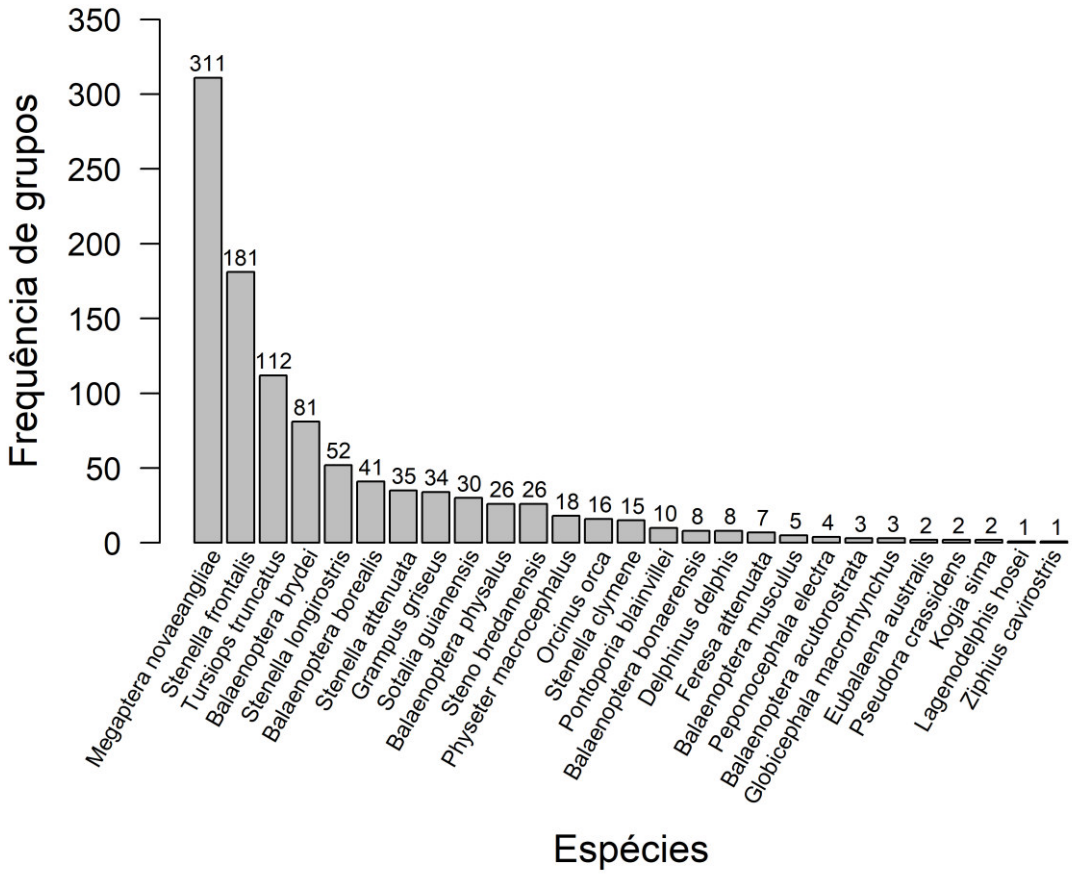


Figura V-3: *Frequência absoluta (número) de registros de espécies de cetáceos na Bacia de Santos entre 2015 e 2020 por meio de amostragens embarcadas do PMC-BS.*

Os odontocetos mais frequentes na Bacia de Santos durante as amostragens do PMC ocorreram ao longo de todo o ano. As quatro espécies do gênero *Stenella* são consideradas frequentes da Bacia de Santos, sendo elas: golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*), golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*), golfinho-rotador (*Stenella longirostris*) e golfinho-de-Clymene (*Stenella clymene*). Os golfinhos do gênero *Stenella* apareceram ao longo de todo o ano, com exceção do golfinho-de-Clymene, que não foi visto em todas as campanhas (**Figura V-4**). Entre outubro de 2017 e abril de 2018 foram observados os maiores agrupamentos, chegando a mais de 500 indivíduos observados de golfinho-rotador e do golfinho-de-Clymene em dias e campanhas diferentes.

O golfinho-nariz-de-garrafa também ocorreu ao longo de todo o ano, sem uma sazonalidade definida (**Figura V-5**). Cabe ressaltar também a descrição recente de duas subespécies do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) que habitam a região da Bacia de Santos. O boto-de-Lahille (*Tursiops truncatus gephyreus*) se distribui por águas mais costeiras e estuarinas da região sul do Brasil, enquanto o golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus truncatus*) distribui-se mais amplamente e é mais flexível na utilização dos habitats (SIMÕES-LOPES et al., 2019). Com exceção de um único indivíduo observado na foz do rio Itajaí, em Santa Catarina, todos os grupos do golfinho-nariz-de-garrafa foram da subespécie ou ecótipo oceânico.

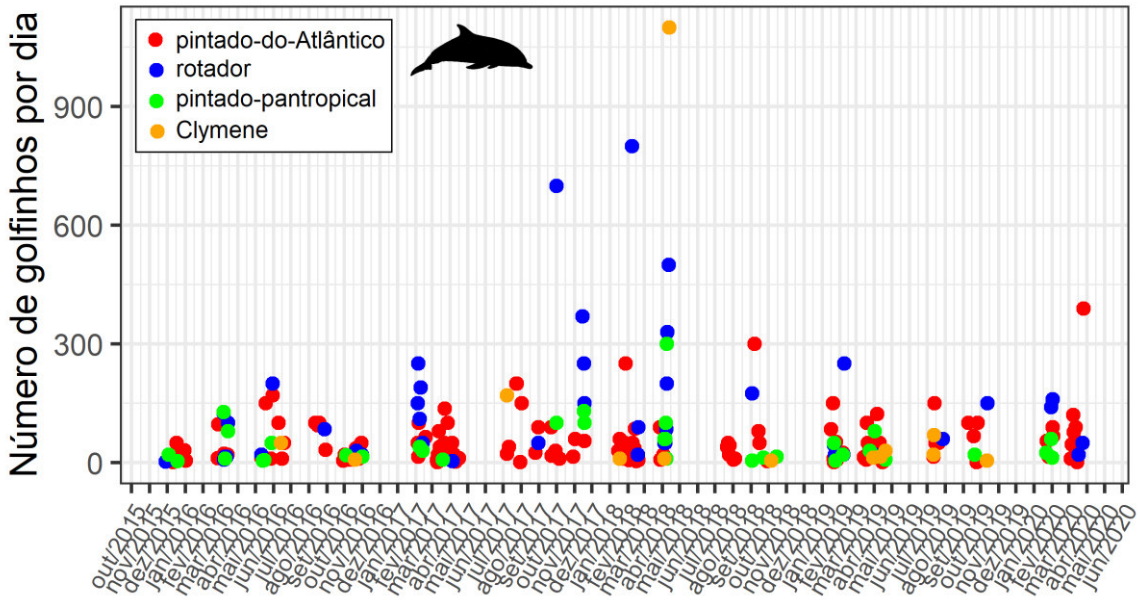


Figura V-4: *Número de indivíduos de delfinídeos do gênero* ***Stenella*** *registrados por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS.*

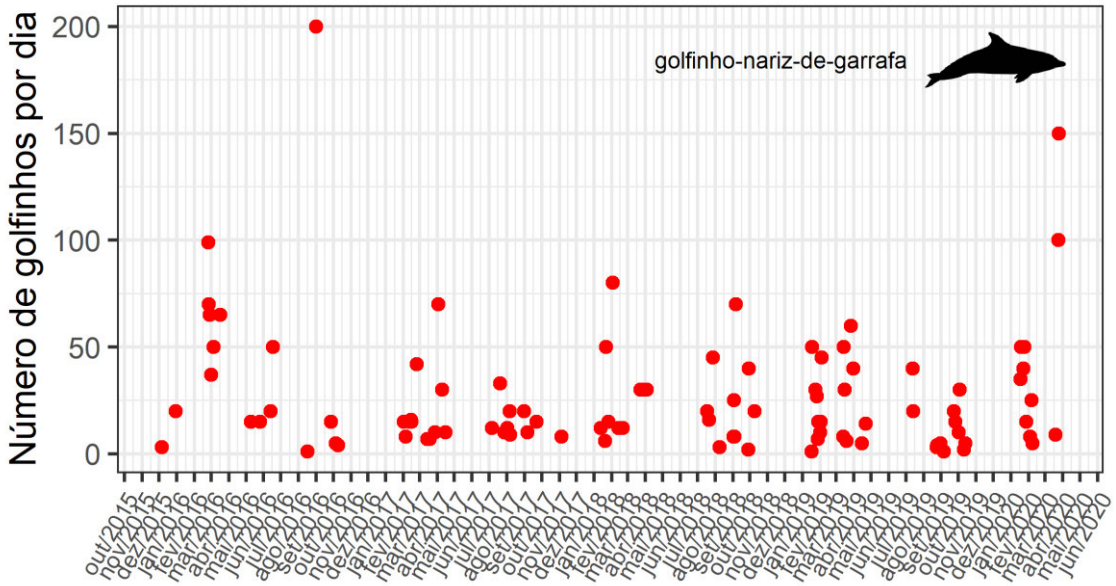


Figura V-5: *Número de indivíduos de golfinhos-nariz-de-garrafa registrados por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS.*

Por outro lado, a sazonalidade da maioria das espécies de misticetos é marcante. As grandes baleias de barbatana (misticetos) são geralmente animais migratórios que buscam as águas mais quentes para reprodução no inverno e primavera, e permanecem se alimentando em região polares e subpolares no verão e outono (KELLOGG, 1929). Destaca-se na costa brasileira a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), que reproduz em águas da plataforma continental desde o Rio de Janeiro até o Rio Grande do Norte, concentrando-se no Banco dos Abrolhos (ANDRIOLO et al., 2010). As espécies de misticetos migratórias concentraram-se na Bacia de Santos entre os meses de julho a setembro, com 94% dos registros das três maiores baleias (azul, fin e sei) (**Figura V-6**) e 90% dos registros de baleia-jubarte (**Figura V-6**). As três maiores baleias (azul, fin e sei) eram consideradas raras no final do século passado (ZERBINI et al., 1997), mas recentemente têm sido avistadas em regiões oceânicas do Brasil (DI TULLIO et al., 2016). Outro balaenopterídeo de hábito migratório que ocorre na Bacia de Santos é a baleia-minke-Antártica (*Balaenoptera bonaerensis*).

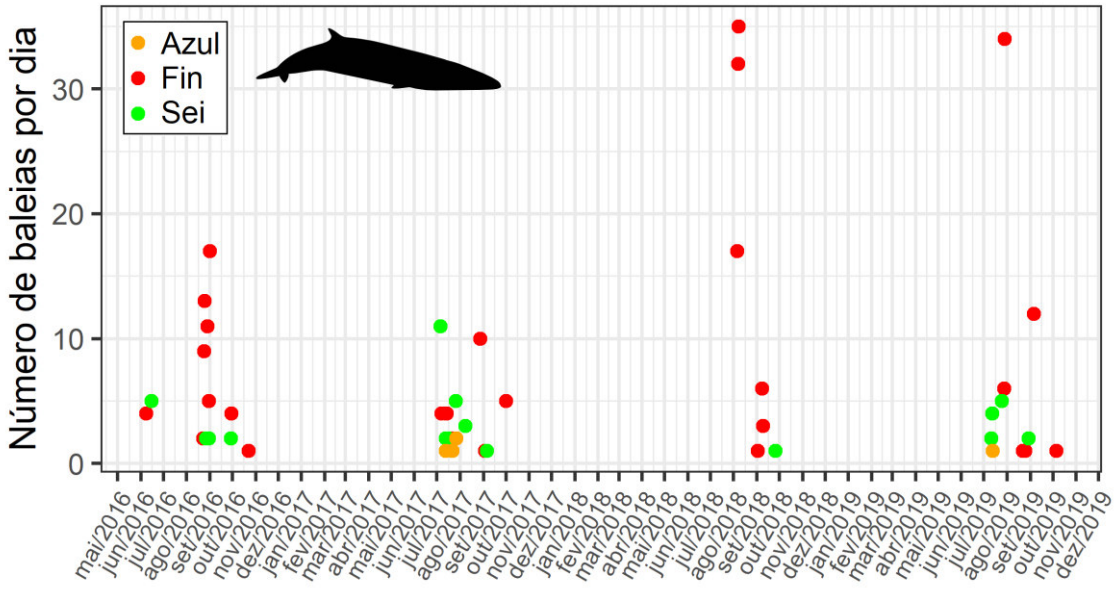


Figura V-6: *Número de indivíduos de grandes misticetos migratórios registrados por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS.*

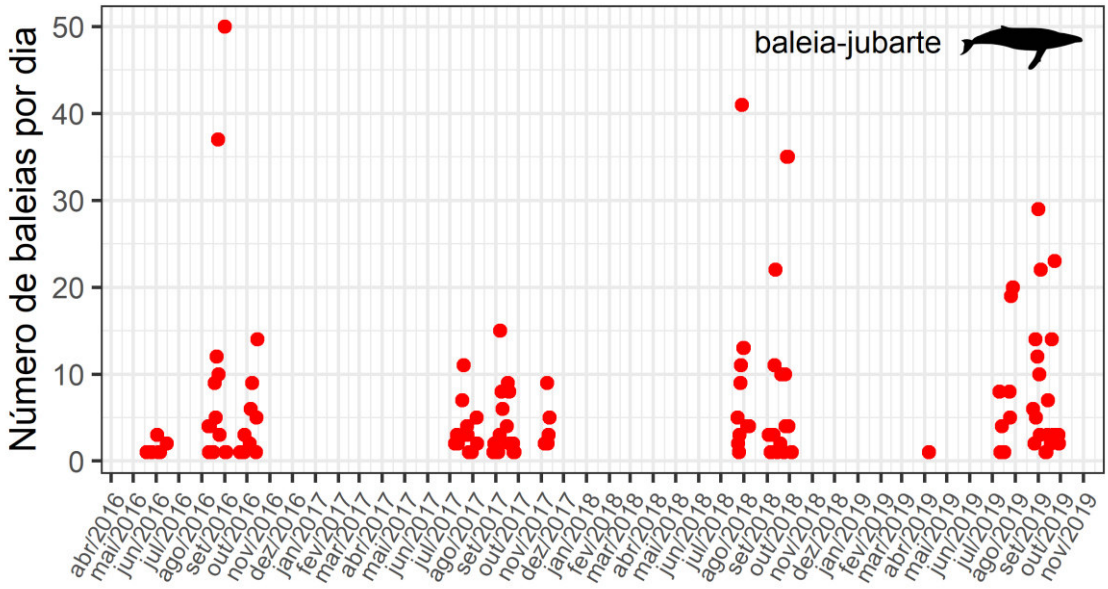


Figura V-7: *Número de indivíduos de baleias-jubarte registradas por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS.*

A baleia-de-Bryde (*Balaenoptera brydei*) teve uma ocorrência mais homogênea ao longo do ano, sem concentração de avistagens em algum período ou estação (**Figura V-8**). Esta é a única espécie de baleia residente em águas tropicais e subtropicais do Brasil, sendo observada durante todo o

ano na Bacia de Santos, onde se alimenta de sardinhas (*Sardinella braziliensis*) e outras presas (SICILIANO et al., 2004). Isso ressalta a importância ecológica que esta espécie tem para esta região. Atualmente, a taxonomia da espécie é discutida em nível mundial e a referência na literatura ao nome *Balaenoptera edeni* é comum em águas brasileiras. Neste documento, concorda-se que existam pelo menos duas espécies de baleias-de-Bryde no mundo e consideram-se os recentes estudos genéticos que apontam para a ocorrência de *Balaenoptera brydei* no Brasil (PASTENE et al., 2015; ver item **V.1.2 Identificação Molecular das Espécies**).

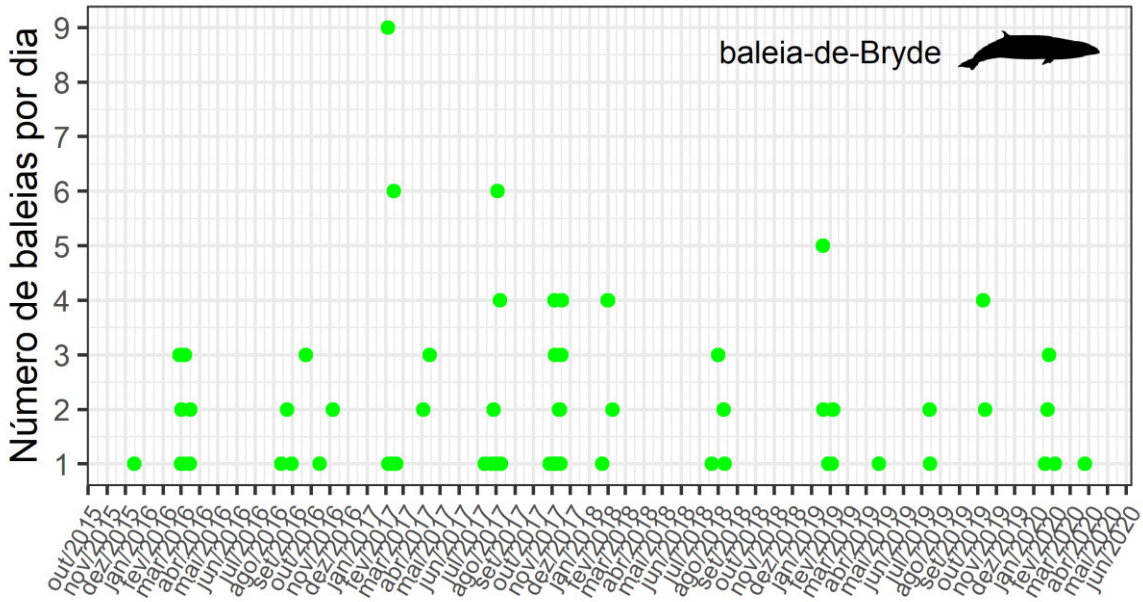


Figura V-8: *Número de indivíduos da baleia-de-Bryde (**Balaenoptera brydei**) registrados por dia entre 2015 e 2020 pelo PMC-BS.*

A profundidade é um dos principais descritores dos habitats dos cetáceos e a comunidade apresentou uma estruturação condicionada por esta variável (**Figura V-9**). A maior riqueza e diversidade de espécies de cetáceos se encontra na região do talude. A segregação de habitats entre as espécies nem sempre é clara e definida, mas é possível definir pelo menos seis padrões de uso das diferentes faixas de profundidade com base nas detecções pelas diferentes plataformas amostrais do PMC:

- *Espécies exclusivamente da plataforma continental e águas mais rasas*: boto-cinza (*Sotalia guianensis*), toninha (*Pontoporia blainvillei*), baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*), golfinho-comum (*Delphinus delphis*) e baleia-minke-anã (*Balaenoptera acutorostrata*);
- *Espécies primariamente da plataforma continental, mas que também usam regiões mais profundas do talude*: baleia-de-Bryde (*Balaenoptera brydei*), golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*), golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) e baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*);
- *Espécies que usam principalmente o talude superior, eventualmente usando águas mais profundas do talude ou a plataforma continental*: orca (*Orcinus orca*), baleia-sei (*Baleanoptera borealis*), golfinho-rotador (*Stenella longirostris*), baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) e orca-pigméia (*Feresa attenuata*);
- *Espécies que usam toda a extensão do talude*: golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*), golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*) e baleia-fin (*Balaenoptera physalus*);
- *Espécies que usam principalmente o talude inferior, mas eventualmente o talude superior e as regiões mais profundas do platô oceânico*: falsa-orca (*Pseudorca crassidens*), golfinho-de-Clymene (*Stenella clymene*) e golfinho-cabeça-de-melão (*Peponocephala electra*);
- *Espécies que usam principalmente as águas profundas do platô oceânico, eventualmente usando o talude inferior*: cachalote (*Physeter macrocephalus*), zifídeos, kogídeos, baleias-piloto (*Globicephala macrorhynchus*) e golfinho-de-Fraser (*Lagenodelphis hosei*).

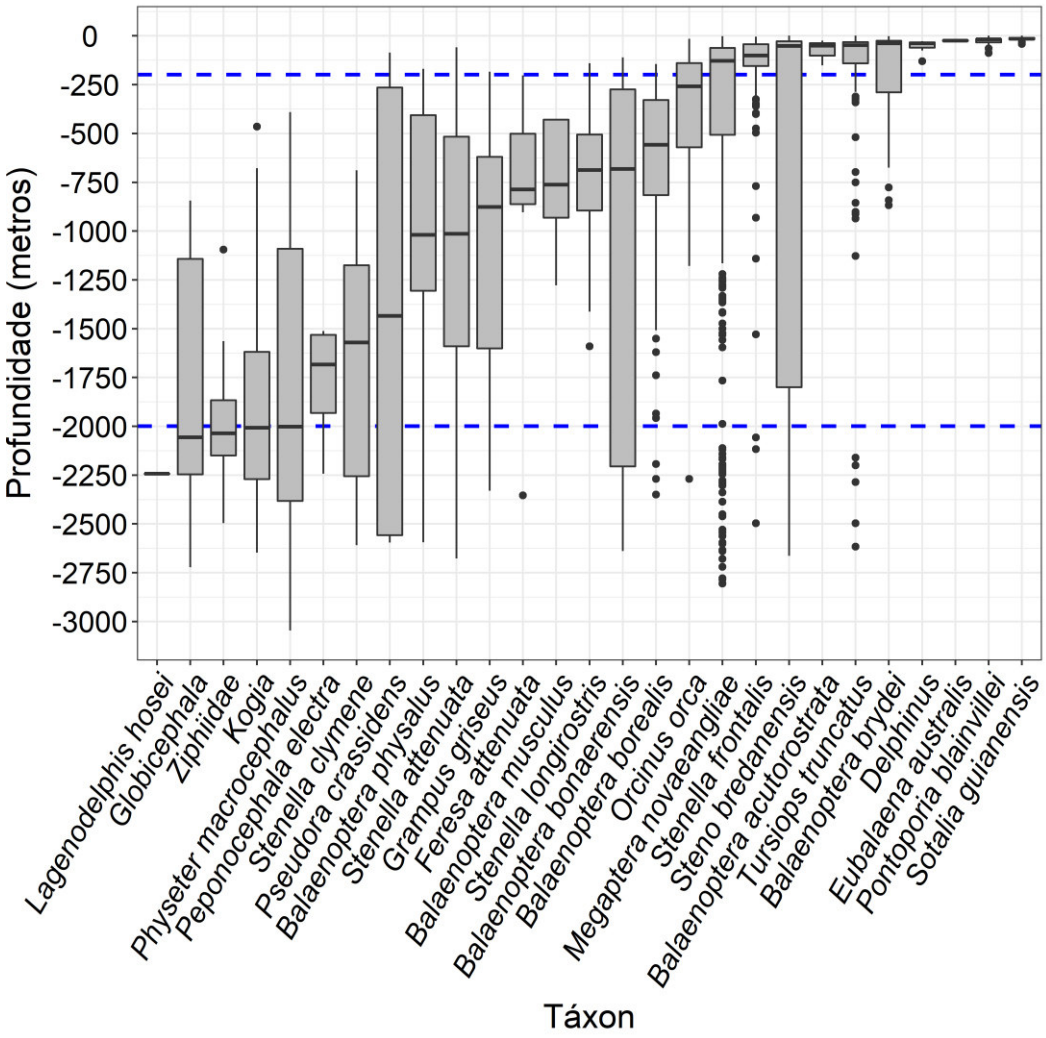


Figura V-9: *Segregação dos táxons de cetáceos observados na Bacia de Santos pela profundidade com base em detecções acústicas e visuais realizadas por todas as plataformas do PMC-BS entre 2015 e 2020.*

Também é possível ordenar as espécies pelas afinidades às diferentes zonas climáticas e pela amplitude de sua distribuição latitudinal. Muitas espécies registradas para a Bacia de Santos são típicas de águas tropicais e subtropicais, como os golfinhos do gênero *Stenella*, golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*), boto-cinza (*Sotalia guianensis*), golfinho-de-Fraser (*Lagenodelphis hosei*), golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*), orca-pigméia (*Feresa attenuata*), golfinho-cabeça-de-melão (*Peponocephala electra*) e baleia-piloto-de-peitorais-curtas (*Globicephala macrorhynchus*).

A maior parte das espécies é euritérmica, isto é, possui tolerância por uma grande amplitude de temperaturas. Este é o caso das baleias-migratórias, da cachalote (*Physeter macrocephalus*), kogídeos, diversas baleias-bicudas e delfinídeos como a orca (*Orcinus orca*), golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), golfinho-comum (*Delphinus delphis*), golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*) e golfinho-listrado (*Stenella coeruleolba*).

Uma pequena parte das espécies registradas na Bacia de Santos é típica de regiões mais frias e temperadas, como as duas espécies da Família Phocoenidae (boto-de-Burmeister - *Phocoena spinipinnis* - e boto-de-óculos - *Phocoena dioptrica*) e o golfinho-liso-do-sul (*Lissodelphis peronii*). Duas espécies de baleia-bicudas (Família Ziphiidae) também se distribuem primariamente em águas temperadas: baleia-bicuda-do-sul (*Hyperoodon planifrons*) e a baleia-bicuda-de-Layard (*Mesoplodon layardii*). Muitas destas espécies se encontram perto de seu limite norte de distribuição na Bacia de Santos, com ocorrência eventual de encalhes e nenhuma avistagem de animal vivo até o momento (SANTOS et al., 2003). Provavelmente, estes registros são casos de animais vagantes, que se encontram fora ou perto dos limites de distribuição das espécies.

A **Figura V-10** traz uma síntese da estruturação da comunidade de cetáceos pelo seu uso de habitat (descrito pela profundidade) e afinidades com as zonas climáticas. A figura mostra também a plasticidade de uso do gradiente de profundidades observado na Bacia de Santos e das diferentes zonas climáticas por várias espécies de cetáceos.

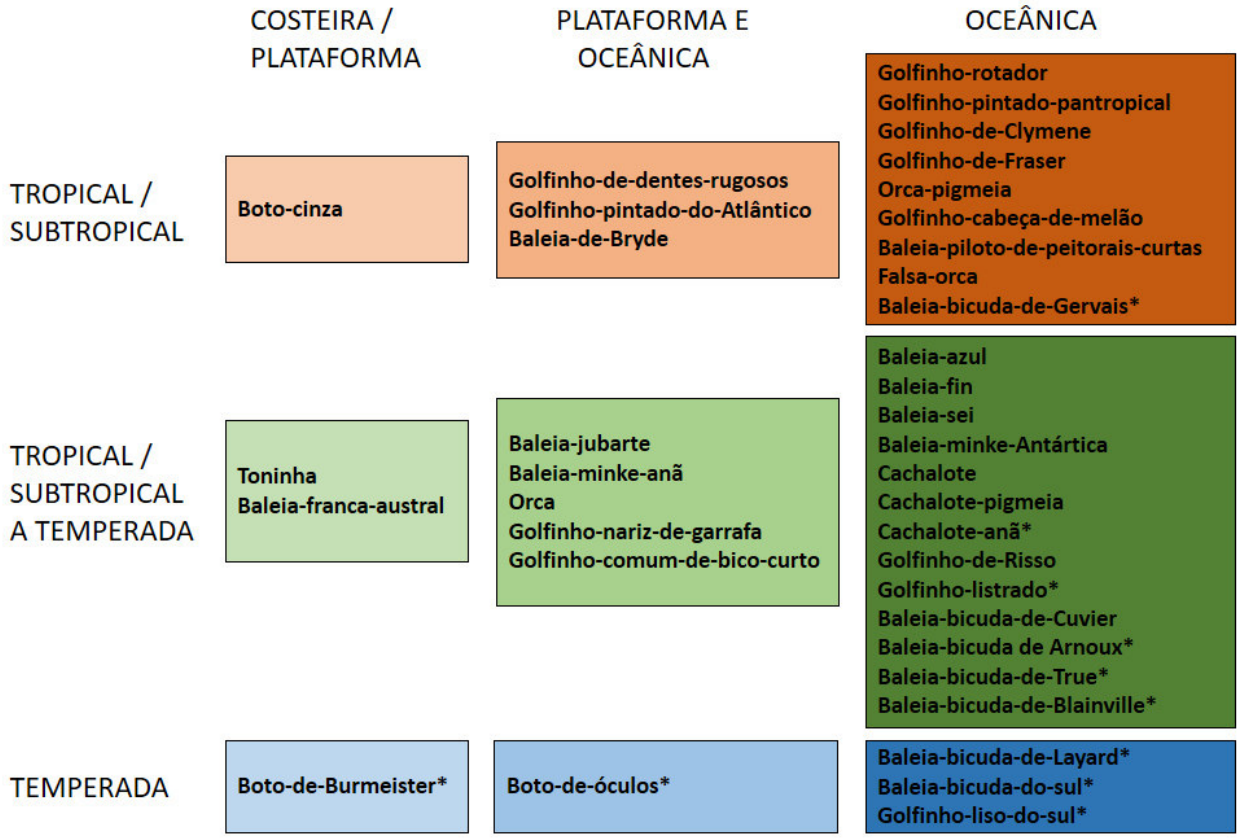


Figura V-10: *Síntese sobre a estrutura da comunidade de cetáceos da Bacia de Santos em relação aos habitats ocupados e às zonas climáticas. Espécies marcadas com * não foram detectadas pelo PMC-BS e seu registro advém de outras fontes de dados.*

V.1.2 Identificação Molecular das Espécies

A genética molecular tem sido uma ferramenta importante para auxiliar na identificação das espécies de cetáceos de difícil identificação visual, bem como para resolver as incertezas taxonômicas de algumas espécies e/ou subespécies. A região controle do DNA mitocondrial (DNAmt) é um marcador molecular amplamente utilizado para a identificação das espécies de cetáceos. A identificação molecular é baseada tanto na comparação das sequências por análise filogenética, quanto na pesquisa de similaridade da sequência teste com um banco de dados de sequências de referência de espécimes que abranjam o táxon de interesse (DIZON et al., 2000).

Todas as amostras coletadas durante os cinco anos do PMC-BS foram identificadas molecularmente por meio do sequenciamento e das análises da região controle do DNAmt.

Análise dos dados

O DNA das 448 amostras coletadas nas Campanhas de Avistagem e MAP e de Telemetria, durante os cinco anos do PMC-BS, foi sequenciado para a região controle do DNAmt. Dessas, 445 amostras (99,3%) apresentaram sequências de boa qualidade e foram identificadas molecularmente. De acordo com os relatórios anteriores, após a geração da sequência consenso das leituras *forward* e *reverse* obtidas para cada amostra no programa SEQUENCHER 5.4.6 (Gene Codes Corporation), para identificação da espécie cada sequência foi comparada por análise filogenética (*neighbor-joining*) com as sequências do banco de dados de referência do programa *DNA Surveillance* (ROSS et al., 2003).

Adicionalmente, as sequências foram comparadas com o banco de sequências de DNA do GenBank, por pesquisas de similaridade usando a ferramenta BLAST desse banco, em que se verifica a espécie com maior similaridade. Porém, nem todas as espécies possuem sequências de referência no GenBank. Assim, nos casos de discrepância na identificação entre os resultados do D*NA Surveillance* e a espécie mais próxima no GenBank, optou-se pela identificação oriunda do primeiro.

Identificação genética das espécies de cetáceos da Bacia de Santos

Em cinco anos de PMC-BS, um total de 20 espécies (8 misticetos e 12 odontocetos) de cetáceos foram identificadas molecularmente das 448 amostras (ver **item IV.6**), incluindo as três amostras (GM1 a GM3**)** de baleia-jubarte que foram coletadas na costa norte de Santa Catarina durante o monitoramento oportunístico de uma jubarte marcada com transmissor satelital. O **Anexo V.1.2-1** traz a identificação e o sexo de todas as 448 amostras analisadas (n = 445 amostras coletadas em campanhas do PMC-BS + três amostras de baleia-jubarte coletadas na costa norte de Santa Catarina).

A maioria (98,6%) das sequências obtidas das amostras identificadas em campo agrupou com alto suporte (acima de 85%) com as sequências de referência para cada espécie no DNA Surveillance, e a maioria (73,4%) também apresentou maior similaridade com as sequências das respectivas espécies no GenBank. Conforme os relatórios anteriores, houve seis casos de erro de identificação visual em campo para quatro espécies (*Stenella longirostris, S. attenuata, B. borealis* e *B. brydei*), que foram identificadas geneticamente como *S. attenuata*, *S. frontalis*, *B. brydei* e *B. bonaerensis*, respectivamente. Essas identificações errôneas das espécies podem ser explicadas pela similaridade de algumas dessas espécies ou presença das mesmas espécies em grupos mistos, eventualmente dificultando a identificação do animal, cuja biópsia foi coletada.

A identificação molecular permitiu elucidar a identificação de duas espécies (*Delphinus delphis* e *Globicephala macrorhynchus*) difíceis de distinguir em campo por apresentarem diferenças morfológicas sutis entre as espécies do mesmo gênero. O golfinho-comum-de-bico-curto (*D. delphis*) e o golfinho-comum-de-bico-longo (*D. capensis*) são diferenciados principalmente pelo comprimento do corpo e pelo comprimento do rostro (HEYNING & PERRIN, 1994). Já a principal diferença morfológica entre a baleia-piloto-de-peitoral-curta (*G. macrorhynchus*) e a baleia-piloto-de-peitoral-longa (*G. melas*) é o comprimento das nadadeiras peitorais (VAN BREE, 1971).

As sequências obtidas das 24 amostras identificadas em campo como golfinho-comum (*Delphinus* sp.) e das 13 amostras de baleia-piloto (*Globicephala* sp.) foram agrupadas com alto suporte (acima de 70% e 80%, respectivamente) às de referência do golfinho-comum-de-bico-curto (*short-beaked*) (**Figura V-11)** e da baleia-piloto-de-peitoral-curta (*short-finned pilot whale*) (**Figura V-12**) no DNA Surveillance, e também apresentaram maior similaridade com as sequências de *D. delphis* e de *G. macrorhynchus* no GenBank (**Anexo V.1.2-1**), confirmando a identidade dessas duas espécies de difícil identificação visual.

A identificação da baleia-piloto-de-peitoral-curta corrobora com a distribuição circunglobal da espécie, que é encontrada em águas tropicais e subtropicais, enquanto a baleia-piloto-de-peitoral-longa (*G. melas*) tem uma

distribuição antitropical e é encontrada em águas temperadas frias do Oceano Atlântico Norte e Hemisfério Sul (OREMUS et al., 2009).

A identificação genética também tem elucidado as incertezas taxonômicas de algumas espécies e/ou subespécies, como é o caso do complexo das baleias-de-bryde (*B. edeni* e *B. brydei*), das subespécies de baleia-minke-comum (*B. acutorostrata*) e de baleia-azul (*B. musculus*).

Embora somente uma espécie de baleia-de-bryde (subespécies *B. edeni edeni* e *B. edeni brydei*) seja reconhecida pelo Comitê de Taxonomia da Sociedade de Mamíferos Marinhos, dados genéticos têm identificado e reconhecido duas espécies diferentes (*B. edeni* e *B. brydei*) (SASAKI et al., 2006; LUKSENBURG et al., 2015). As sequências obtidas das 14 amostras identificadas em campo como baleia-de-bryde (*B. edeni*), foram agrupadas com alto suporte (98%) com as de referência de *B. brydei* (*Bryde's common*) no DNA Surveillance, e exibiram maior similaridade com as sequências de *B. brydei* no GenBank (**Anexo V.1.2-1**), corroborando a ocorrência dessa espécie no Brasil, como apresentado em um estudo genético que identificou oito amostras de baleia-de-bryde como *B. brydei* (PASTENE et al., 2015).

No Hemisfério Sul, duas diferentes subespécies de baleia-azul são reconhecidas, a baleia-azul-pigméia (*B. musculus brevicauda*), e a baleia-azul-verdadeira ou Antártica (*B. musculus intermedia*) (LEDUC et al., 2007). As sequências das três amostras coletadas dos indivíduos identificados em campo como baleia-azul foram agrupadas com alto suporte (acima de 97%) com as de referência de *B. musculus* (*blue whale*) e apresentaram maior similaridade com as sequências de *B. musculus* no GenBank.

Como os dois sistemas de identificação molecular não são capazes de identificar a subespécie, as sequências foram encurtadas para 410 pares de bases para comparação com as sequências referência publicadas dessas duas subespécies (LEDUC et al., 2007; SREMBA et al., 2012; TORRES-FLOREZ et al., 2014). As sequências das amostras G139 e G160 colapsaram em dois haplótipos (EU093939 e JN801066, respectivamente) encontrados nas baleias-azuis que ocorrem na Antártica (LEDUC et al., 2007; SREMBA et al., 2012) sugerindo que esses animais são da subespécie *B. musculus intermedia*.

Atualmente, duas espécies de baleia-minke são reconhecidas, a baleia-minke-Antártica (*B. bonaerensis*) e a baleia-minke-comum (*B. acutorostrata*). Esta última é dividida em três subespécies, com base na origem geográfica e diferenças morfológicas: a baleia-minke-comum do Pacífico Norte (*B. acutorostrata scammoni*), a baleia-minke-comum do Atlântico Norte (*B. acutorostrata acutorostrata*) e a baleia-minke-anã do Hemisfério Sul (*B. acutorostrata* unnamed subsp.) (PASTENE et al., 2010). Todas as sequências obtidas das amostras de seis indivíduos identificados em campo como baleia-minke-Antártica foram agrupadas com alto suporte (100%) com as de referência de *B. bonaerensis* (*Antarctic minke*) no DNA Surveillance (**Figura V-11**), e apresentaram maior similaridade com as sequências de *B. bonaerensis* no GenBank (**Anexo V.1.2-1**).

Na campanha de Avistagem Embarcada e MAP do ciclo 10, um único indivíduo identificado em campo como baleia-minke-anã foi amostrado, e a sequência foi agrupada (58%) dentro do clado das baleias-minke-comum do Atlântico Norte (North *Atlantic minke*) no DNA Surveillance (**Figura V-12**), e apresentaram maior similaridade com as sequências de *B. acutorostrata* no GenBank (**Anexo V.1.2-1**). No entanto, estudos genéticos têm demonstrado que existe uma forte diferenciação genética entre as minkes-anã do Atlântico Sul e do Pacífico Sul, e que as minkes-anã do Atlântico Sul estão mais intimamente relacionadas às minkes-comum do Atlântico Norte (PASTENE et al., 2007; MILMANN, 2020). Portanto, na árvore filogenética de *neighbor-joining* do DNA Surveillance, o clado formado pelas baleias-minke-anã (*dwarf minke*) é representado pelas minkes-anã do Pacífico Sul, e o outro clado é formado pelas minkes-comum do Atlântico Norte e a minke-anã do Atlântico Sul (**Figura V-13**).

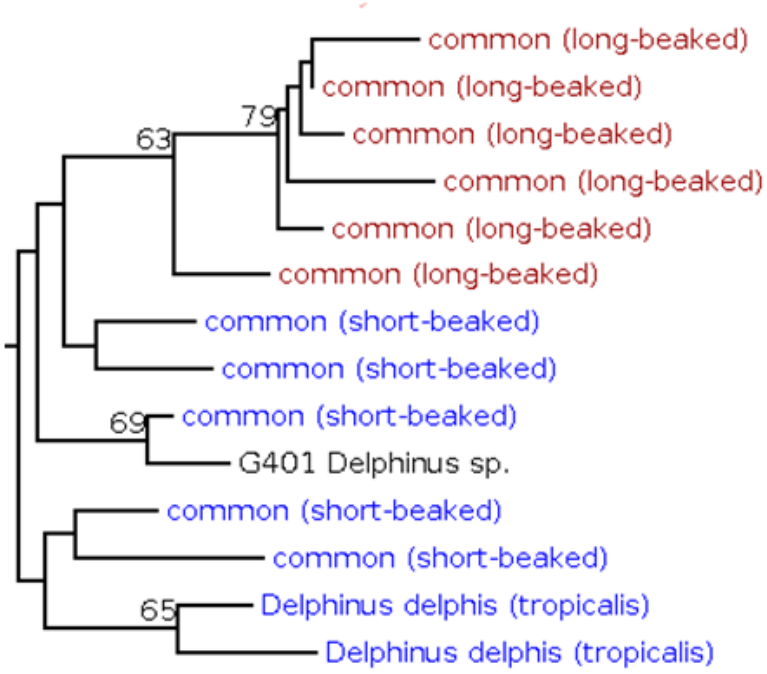


Figura V-11: *Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G401 (identificada como G401 Delphinus sp.) e nas sequências referência da região controle do DNAmt de todos os delfinídeos (a figura apresenta somente as espécies do gênero* ***Delphinus****).*

Figura V-12: *Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G357 (identificada como G357* ***Globicephala*** *sp.) e nas sequências referência da região controle do DNAmt das espécies das subfamílias Globicephalinae e Orcininae.*

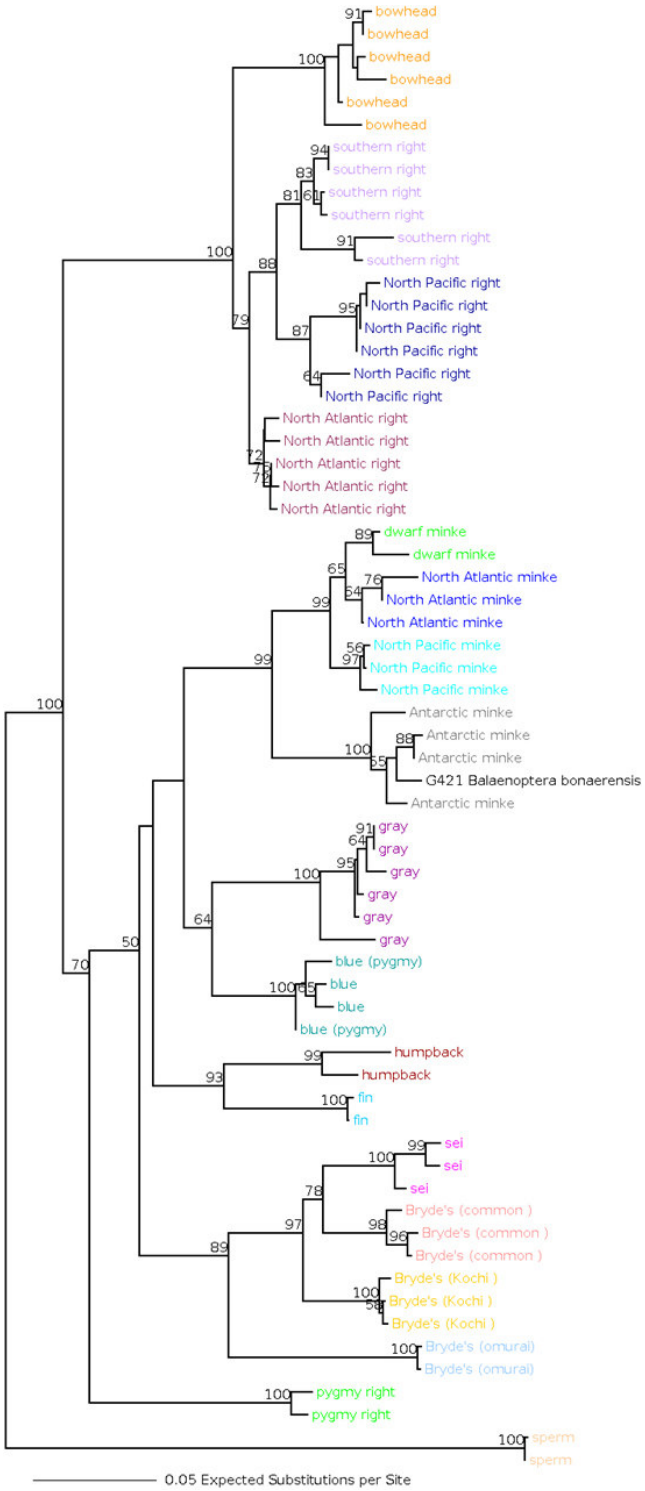


Figura V-13: *Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G421 (identificada como G421* ***Balaenoptera bonaerensis****) e nas sequências referência da região controle do DNAmt de todos os misticetos.*

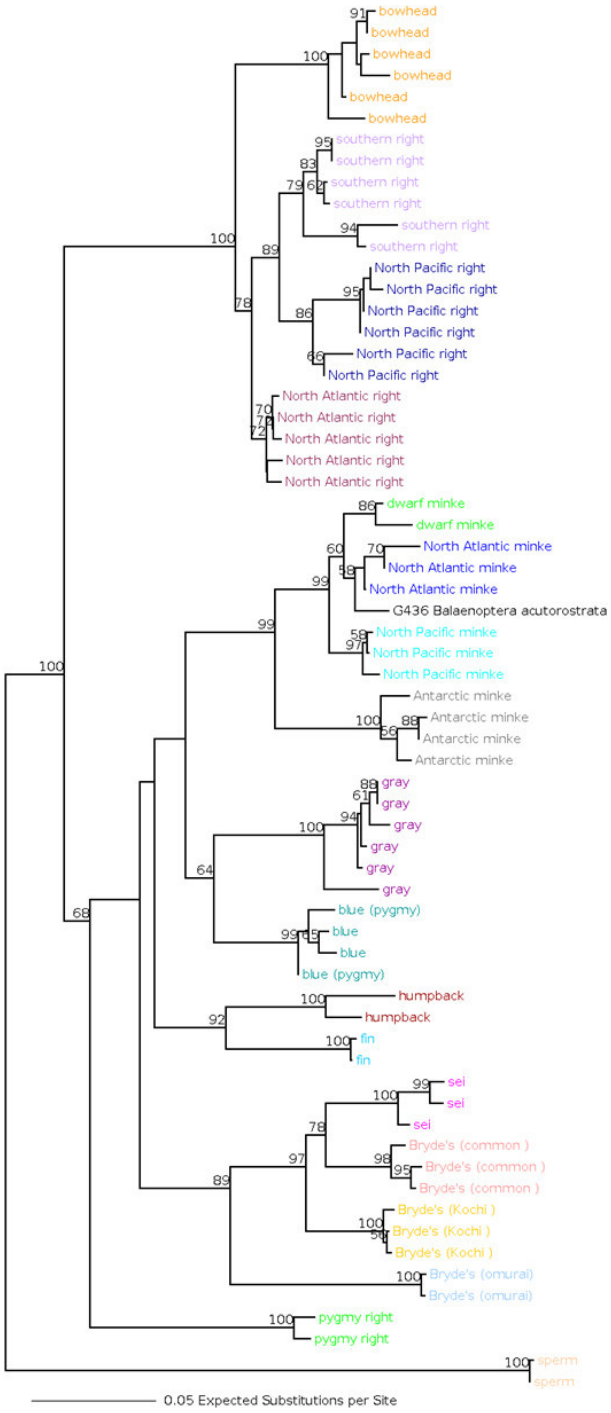


Figura V-14: *Árvore filogenética gerada no DNA Surveillance, baseada na sequência da amostra G436 (identificada como G436* ***Balaenoptera acutorostrata****) e nas sequências referência da região controle do DNAmt de todos os misticetos.*

V.2 Distribuição, Uso de Habitat e Movimentos

V.2.1 Distribuição e uso de habitat

No presente relatório anual, a avaliação dos habitats das espécies de cetáceos que ocorrem na Bacia de Santos utilizou modelos de distribuição de espécies (*SDMs – Species Distribution Models*), que são ferramentas importantes para prever onde uma espécie ocorre e quais variáveis são associadas à sua ocorrência.

Os táxons selecionados para modelagem foram definidos por um critério arbitrário de amostra mínima de 20 detecções visuais e acústicas pelas diferentes plataformas do PMC. A única exceção foi a Família Ziphiidae que, dada a sua importância para conservação e vulnerabilidade, foi considerada nas modelagens com apenas 11 detecções (10 detecções acústicas e uma detecção visual). Assim, foram consideradas 17 táxons de cetáceos: 14 espécies, 2 gêneros e 1 família.

O algoritmo de máxima entropia (MAXENT) serviu de base para a construção dos modelos de distribuição potencial das espécies de cetáceos, que considera um conjunto de características ambientais em células com a presença da espécie para prever a área potencial de distribuição em toda a região de estudo (PHILLIPS et al., 2006). O método segue uma abordagem de aprendizado de máquina (*machine learning*) não supervisionado e é bastante eficiente em prever a distribuição de uma espécie, sendo um dos métodos mais utilizados para este fim (AUSTIN, 2007). Um modelo de distribuição potencial fornece um mapa com valores de adequabilidade de habitat que vão de zero (habitat inadequado) até um (habitat totalmente adequado). Grosso modo, a adequabilidade de habitat pode ser interpretada como a probabilidade de presença predita daquela espécie de acordo com o modelo. A modelagem baseou-se no programa MAXENT, versão 3.4.1 (PHILLIPS et al., 2020).

Considerou-se como habitat adequado de cada espécie valores superiores ao limite dado por um método que minimiza a diferença entre sensibilidade e especificidade do modelo (*ETSS - equal training sensitivity and specificity*).

Sensibilidade é relacionada com o grau de detecção da espécie nos locais onde ela é prevista pelo modelo, ou seja, os acertos do modelo. A especificidade é determinada por quantas vezes o modelo prevê a ocorrência da espécie quando, na verdade, a espécie não está presente (falso-positivo). Assim, o método escolhido acha um limite de adequabilidade em que os acertos do modelo são tão prováveis quanto os falsos-positivos. Este método foi escolhido em contraste com a escolha de um valor arbitrário de adequabilidade de habitat como 0,3 ou 0,5 (p.ex., CHOU et al., 2020) para melhorar a acurácia das previsões do modelo. Para mostrar os resultados nos mapas, optou-se por classes de intervalo de 0,1 do índice de adequabilidade de habitat, iniciando no valor de *ETSS*.

Os dados ambientais ampararam-se no banco de dados MARSPEC, que inclui camadas geofísicas e bioclimáticas em alta resolução de 1 km (SBROCCO; BARBER, 2013). Foram selecionadas 11 variáveis ambientais para a modelagem de distribuição (**Tabela V-2**).

A avaliação do ajuste dos modelos de distribuição respaldaram-se na curva ROC – *receiving operating characteristic* (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000). Esta curva evidencia a capacidade do modelo em prever a presença ou ausência da espécie, por meio da comparação entre os dados reais e as suas predições. Além da análise visual do gráfico ROC, o critério quantitativo baseou-se no valor de AUC (*Area Under the ROC Curve*), derivado da curva ROC, que varia de 0 a 1. Quanto maior o valor de AUC, melhores são as predições do modelo, sendo que o valor 1 indica um acerto em todas as classificações.

Resultados da modelagem de habitats

Todos os modelos construídos tiveram um bom poder preditivo, ajustando-se muito bem aos dados coletados durante as campanhas do PMC-BS e valores de AUC próximos de um.

A quantidade de habitats disponíveis na Bacia de Santos variou para os táxons de cetáceos avaliados (**Figura V-15** a **Figura V-31**; **Tabela V-3**). As escalas de adequabilidade variam entre as espécies porque o limite inferior de adequabilidade foi obtido pelo método de ETSS para cada uma, assim como

nem todas as espécies atingem 100% de adequabilidade, a depender dos resultados da modelagem. As espécies mais flexíveis com relação ao uso de habitat, como a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), a orca (*Orcinus orca*), o golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) e o golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*), foram as que apresentaram maior área de habitat disponível na Bacia de Santos, entre cerca de 70 e 80% da Bacia de Santos de áreas de habitat adequados.

Tabela V-2: *Variáveis ambientais utilizadas para a modelagem de distribuição potencial dos táxons de cetáceos da Bacia de Santos.*

Sigla	Descrição
bati	Profundidade (m)
bio5	Distância da costa (km)
bio6	Declividade (graus)
bio8	Média anual da salinidade na superfície (psu)
bio9	Salinidade na superfície no mês mais doce (psu)
bio10	Salinidade na superfície no mês mais salgado (psu)
bio11	Amplitude anual da salinidade na superfície (psu)
bio12	Variância anual da salinidade na superfície (psu)
bio13	Média anual da temperatura na superfície (°C)
bio14	Temperatura na superfície do mês mais frio (°C)
bio15	Temperatura na superfície do mês mais quente (°C)
bio16	Amplitude anual da temperatura na superfície (°C)
bio17	Variância anual da temperatura na superfície (°C)

As duas espécies com menor proporção de potencial de ocorrência na Bacia de Santos foram a toninha (*Pontoporia blainvillei*) e o boto-cinza (*Sotalia guianensis*), cada uma com cerca de 9% da área da bacia prevista pelos modelos como habitats adequados. As duas espécies apresentam uma distribuição estritamente costeira, ocupando uma estreita faixa próxima da costa.

Diversas espécies tiveram uma ampla distribuição na plataforma continental da Bacia de Santos, usando também a borda do talude. Praticamente toda a extensão da plataforma continental da Bacia de Santos apresentou uma adequabilidade alta (maior que 50%) para o golfinho-pintado-

do-Atlântico (*Stenella frontalis*). Esta alta adequabilidade corrobora a alta densidade e abundância desta espécie na bacia (ver item **V.3.1 Estimativas de densidade e abundância de cetáceos**). Somente na região costeira nas imediações da Ilha de Santa Catarina, em Florianópolis (SC), é que o modelo prevê menor adequabilidade, possivelmente pela relação com a massa de água costeira mais fria proveniente do rio da Prata, que exerce influência sobre esta região, especialmente no inverno (MÖLLER et al., 2008).

As outras espécies, cujos habitats mais adequados se encontram sobre a plataforma e borda superior do talude (como *Orcinus orca*, *Steno bredanensis*, *Tursiops truncatus* e *Balaenoptera brydei*), apresentaram um padrão de distribuição similar, com menor adequabilidade nas regiões mais costeiras ao sul da Bacia de Santos (estados de Santa Catarina e Paraná), e maior adequabilidade na plataforma do norte do estado de São Paulo e sul do Rio de Janeiro. Além da influência da água do Prata na região sul da Bacia de Santos, a menor adequabilidade para estas espécies nesta região pode ser determinada pela batimetria da plataforma, relativamente mais rasa e mais homogênea do que a plataforma no Rio de Janeiro, pela cunha de água doce do complexo de Paranaguá e pela dominância da massa de água costeira na plataforma. Em contraste, a maior adequabilidade na costa norte de São Paulo e do Rio de Janeiro provavelmente se relaciona com a fisiografia do fundo da plataforma continental, relativamente mais profunda, com fundo mais heterogêneo e dominância da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que avança sobre a plataforma e confere maior produtividade a esta região.

Diversas espécies se concentraram no talude, destacando-se dois especialistas de habitat desta região: o golfinho-rotador (*Stenella longirostris*), com menos de 20% de habitats adequados na Bacia de Santos, e o golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*). O golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*), a baleia-fin (*Balaenoptera* physalus) e a baleia-sei (*B. borealis*) também percorreram regiões de alta adequabilidade de habitat ao longo do talude. Além do gradiente de profundidade que ocorre no talude, a Corrente do Brasil interage com a fisiografia formando vórtices ciclônicos e anticiclônicos que resultam em ressurgência da ACAS na quebra da plataforma, talude e platô oceânico (SILVEIRA et al., 2000). A região do talude e do platô de São

Paulo tem intensa atividade vortical, com a chegada de diversos vórtices do leste (Prof. Dr. Ilson Silveira, comm. pess.[1]).

Na região do platô oceânico, a maior disponibilidade de habitats está no norte da Bacia de Santos, sobre o platô de São Paulo. Essa área apresentou alta adequabilidade de habitats para kogídeos, zifídeos, baleias-piloto (*Globicephala macrorhynchus*) e cachalotes (*Physeter macrocephalus*). Estes grupos realizam mergulhos profundos para capturar suas presas meso e batipelágicas (ver item **V.4.1 Comportamento de mergulho**). Neste mesmo platô se encontra a maior parte das atividades de exploração e produção de óleo e gás do Pré-Sal da Bacia de Santos e, portanto, estes táxons são mais suscetíveis aos potenciais impactos desta atividade.

[1] Palestra "O Vórtice de São Paulo: nova descoberta na Bacia de Santos", apresentada em 25 de setembro de 2020 no canal "Café com Ciência IO USP" do YouTube.

Tabela V-3: *Área de abrangência dos habitats de cetáceos sobre a Bacia de Santos. Notação: N = número de detecções; AUC = area under the ROC curve; ETSS = Equal Training Sensitivity and Specificity. Variável com mais informação sobre a distribuição em negrito. Foram mostradas as variáveis com mais de 10% de contribuição para o ajuste do modelo.*

Táxon	N	AUC	ETSS	Área de habitat potencial na BS (km²)	% da área da BS	Variáveis mais importantes (e contribuição para o modelo em %)
Baleia-fin	26	0,999	0,267	144.091	52,9	**bio13 (60,2)**, bati (28,4)
Baleia-sei	52	0,998	0,339	127.420	46,7	**bio13 (48,5)**, bati (40,5)
Baleia-de-Bryde	92	0,996	0,350	141.585	51,9	**bio13 (67,4)**, bati (28,9)
Baleia-jubarte	374	0,988	0,276	226.612	83,1	**bio13 (64,9)**, bio12 (30,5)
Cachalote	60	0,998	0,345	125.892	42,5	**bio13 (64,1)**, bati (22,8)
Kogia spp.	24	0,999	0,390	115.898	42,5	**bio13 (44,6)**, bati (35,1)
Baleias-bicudas	13	0,999	0,598	82.701	30,3	**bio5 (38,8)**, bio13 (18,8), bati (16,4), bio17 (16,2)
Baleias-piloto	25	0,999	0,425	104.749	38,4	**bio13 (42,7)**, bati (37,7)
Golfinho-de-Risso	43	0,998	0,249	136.919	50,2	**bati (49,1)**, bio13 (45,3)
Orca	25	0,999	0,166	213.594	78,4	**bati (63,4)**, bio13 (31,6)
Golfinho-pintado-pantropical	37	0,998	0,183	176.791	64,9	**bio13 (60,0)**, bati (27,1), bio12 (10,4)
Golfinho-pintado-do-Atlântico	192	0,992	0,226	160.542	58,9	**bio13 (75,4)**, bio12 (17,5)
Golfinho-rotador	52	0,998	0,431	53.815	19,7	**bati (63,7)**, bio13 (31,2)
Boto-cinza	35	0,999	0,450	24.442	9,0	**bio13 (51,4)**, bati (47,2)
Golfinho-de-dentes-rugosos	31	0,998	0,323	190.331	69,8	**bio13 (68,4)**, bio12 (17,4)
Golfinho-nariz-de-garrafa	119	0,994	0,064	240.675	88,3	**bio13 (82,3)**, bio12 (11,2)
Toninha	29	0,999	0,373	25.553	9,4	**bati (80,1)**, bio13 (19,5)

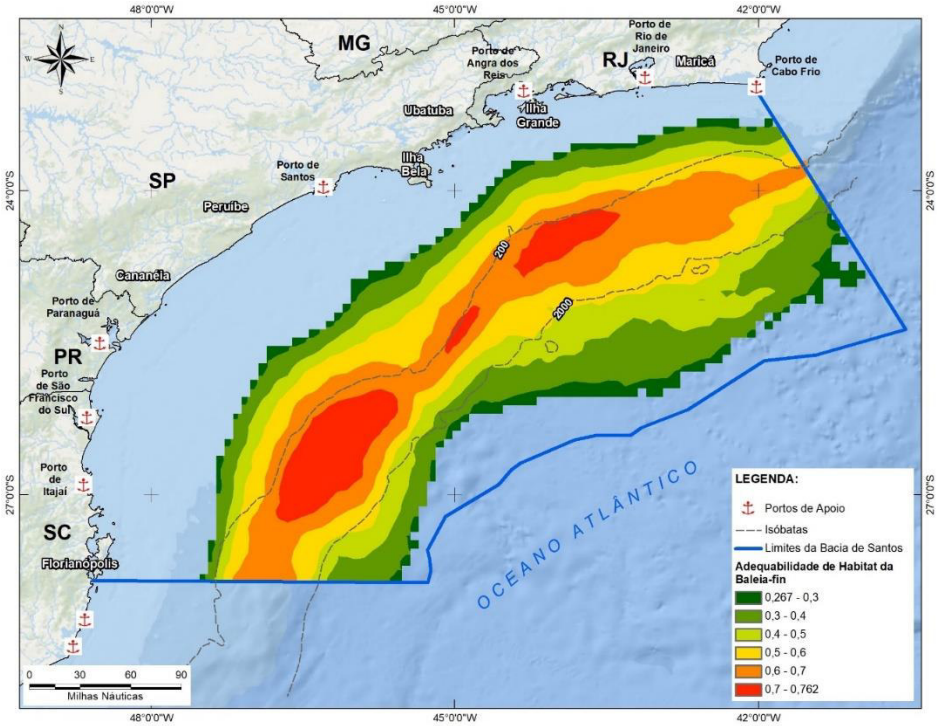


Figura V-15: *Distribuição potencial da baleia-fin (**Balaenoptera physalus**) na Bacia de Santos.*

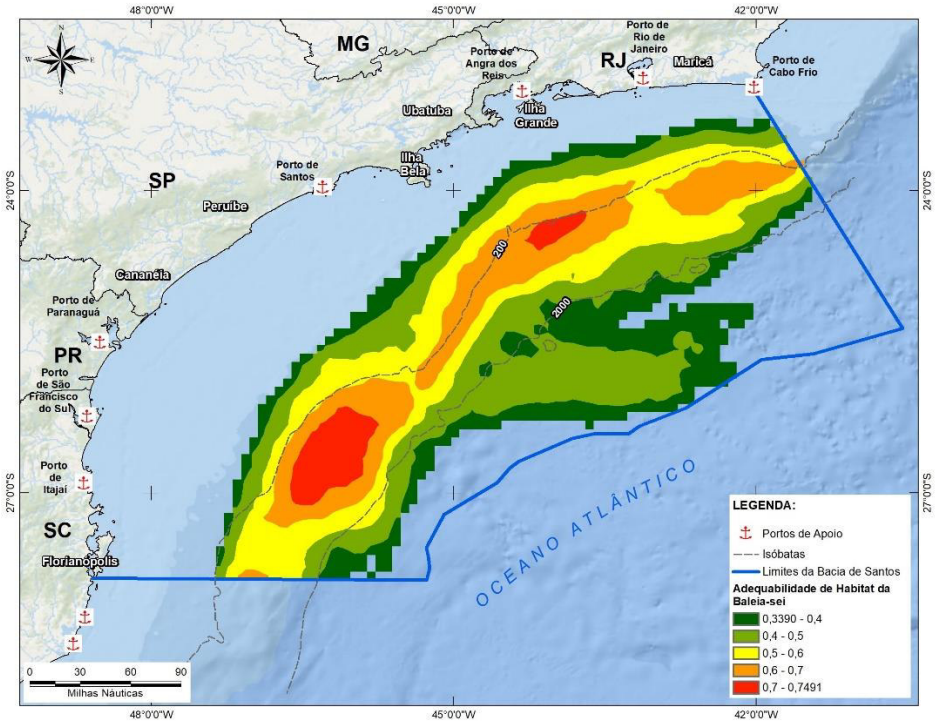


Figura V-16: *Distribuição potencial da baleia-sei (**Balaenoptera borealis**) na Bacia de Santos.*

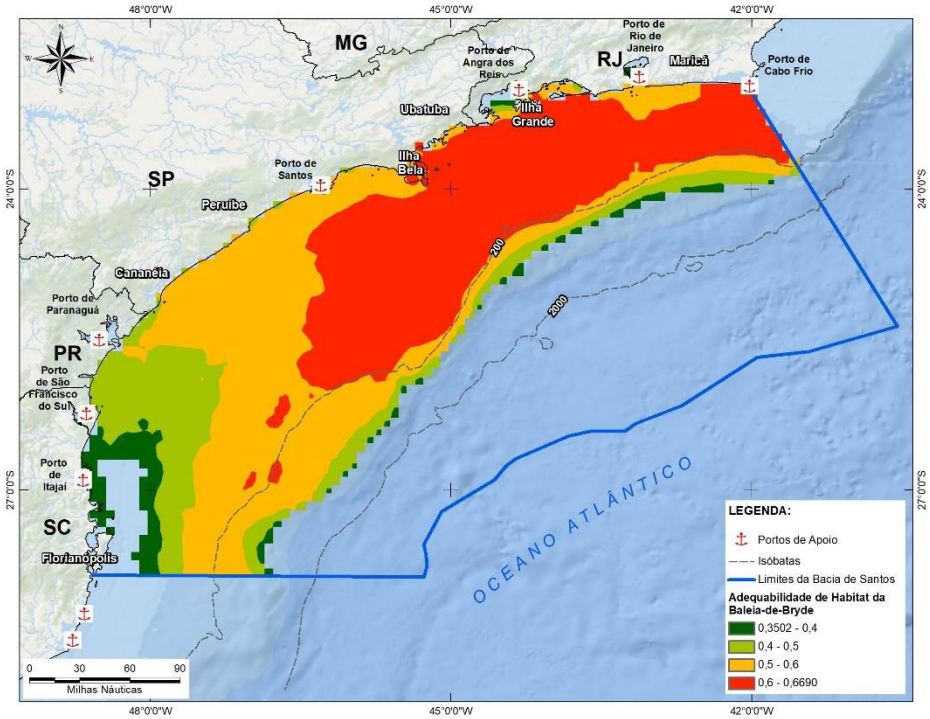


Figura V-17: *Distribuição potencial da baleia-de-Bryde (**Balaenoptera brydei**) na Bacia de Santos.*

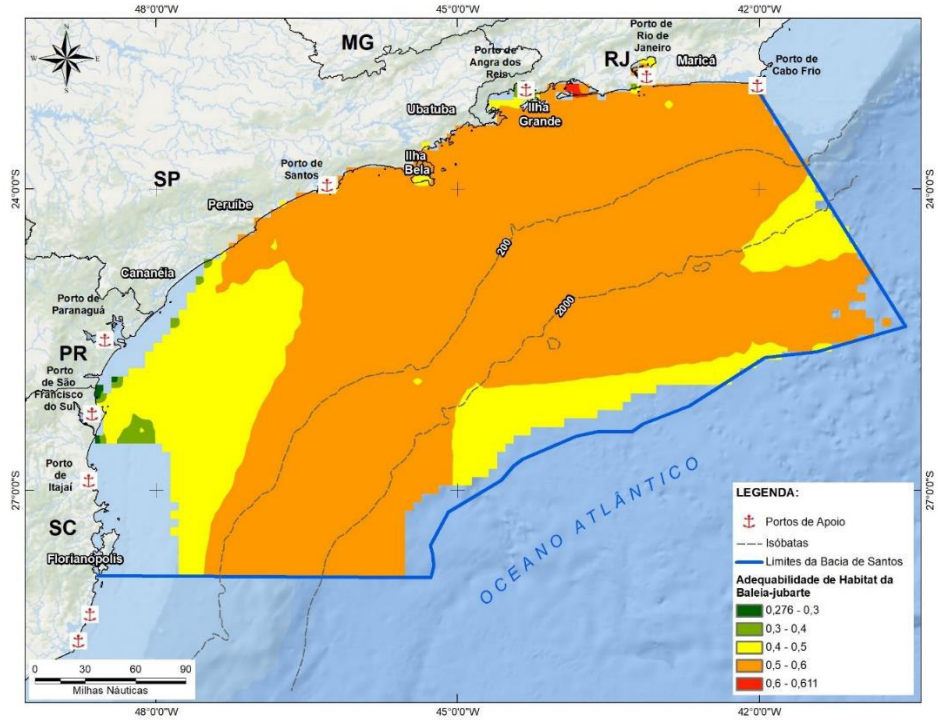


Figura V-18: *Distribuição potencial da baleia-jubarte (**Megaptera novaeangliae**) na Bacia de Santos.*

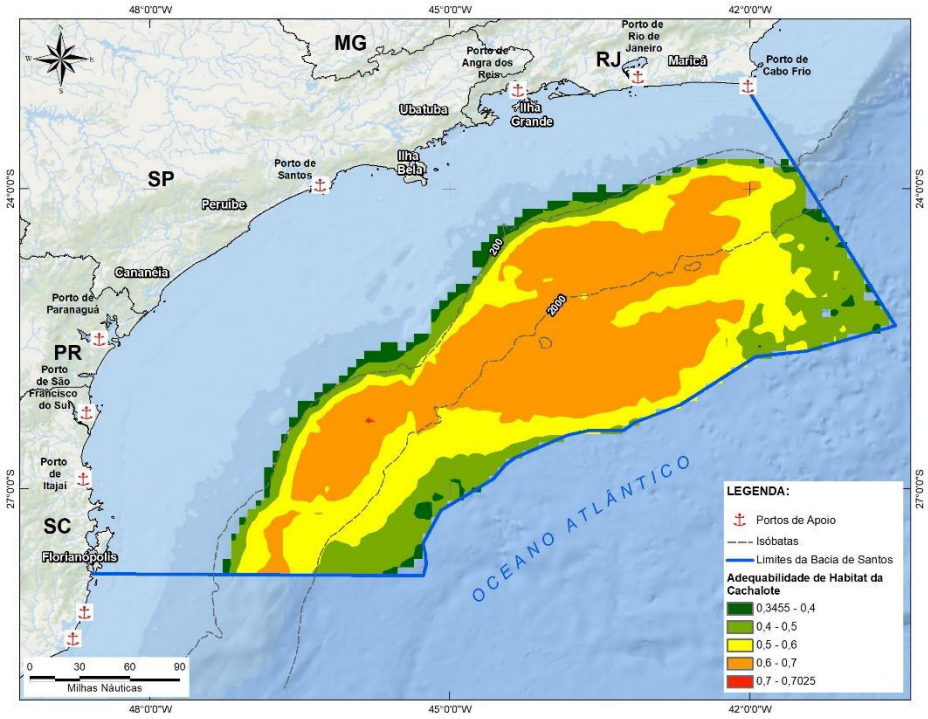


Figura V-19: *Distribuição potencial da cachalote (**Physeter macrocephalus**) na Bacia de Santos.*

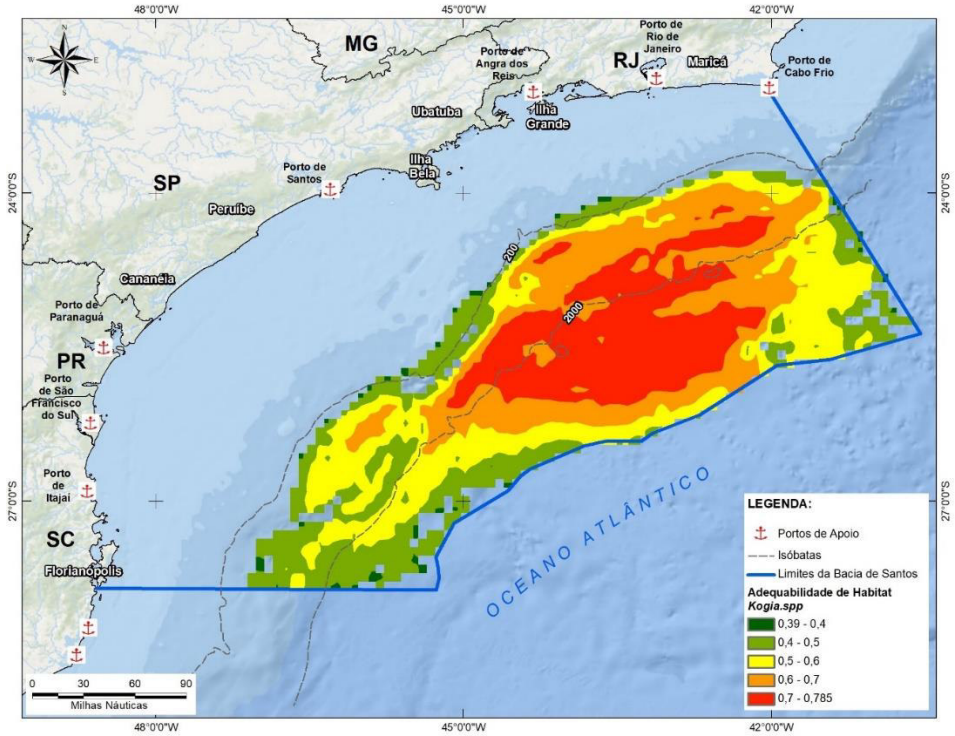


Figura V-20: *Distribuição potencial de kogídeos (**Kogia** spp.) na Bacia de Santos.*

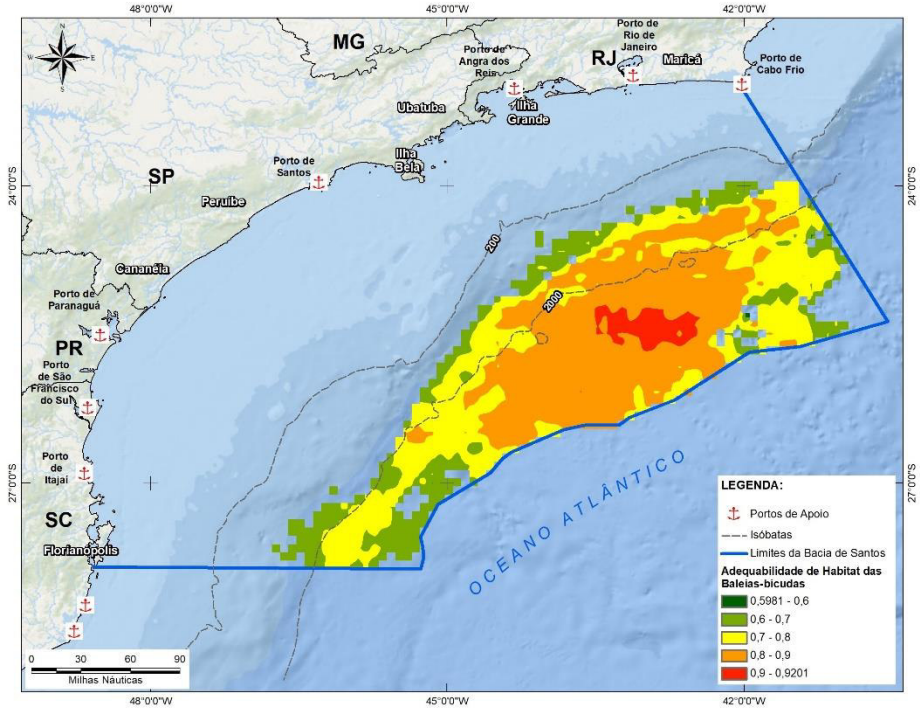


Figura V-21: *Distribuição potencial de baleias-bicudas (Família Ziphiidae) na Bacia de Santos.*

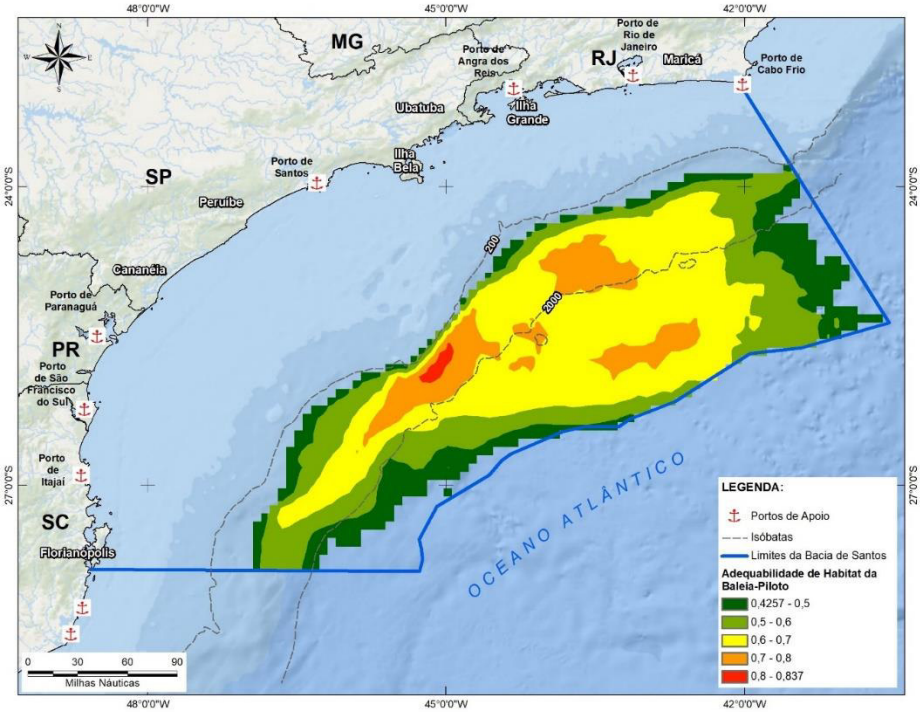


Figura V-22: *Distribuição potencial das baleias-piloto (**Globicephala** spp.) na Bacia de Santos.*

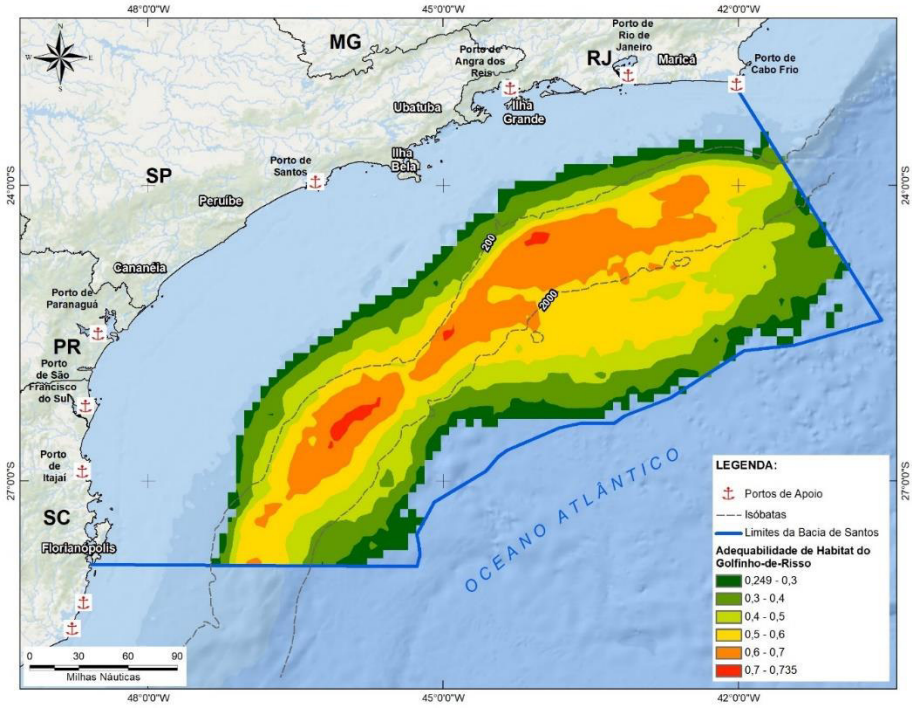


Figura V-23: *Distribuição potencial do golfinho-de-Risso (**Grampus griseus**) na Bacia de Santos.*

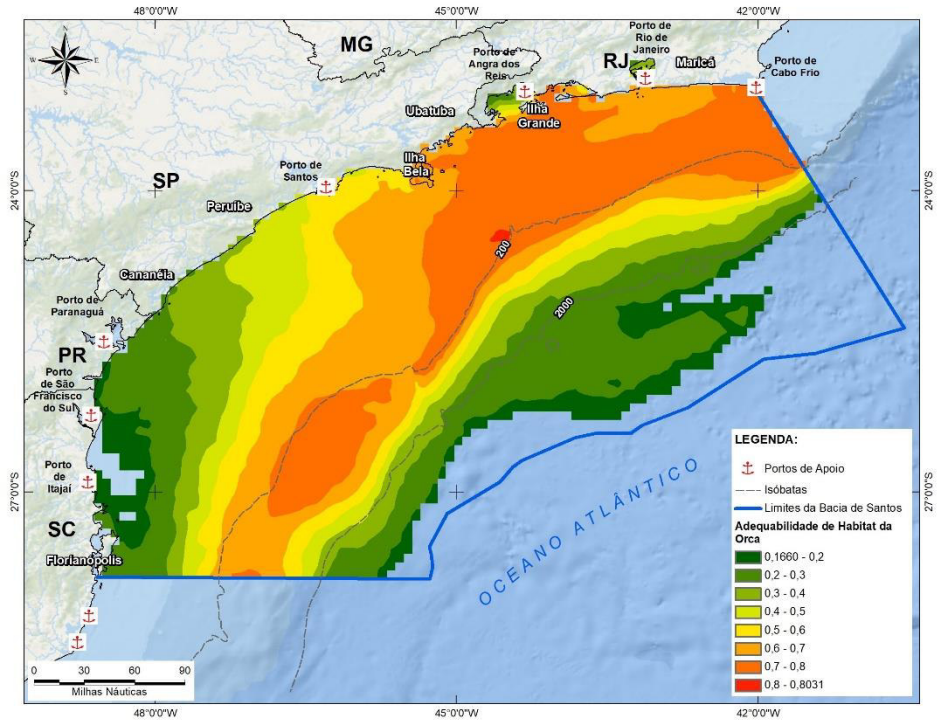


Figura V-24: *Distribuição potencial da orca (**Orcinus orca**) na Bacia de Santos.*

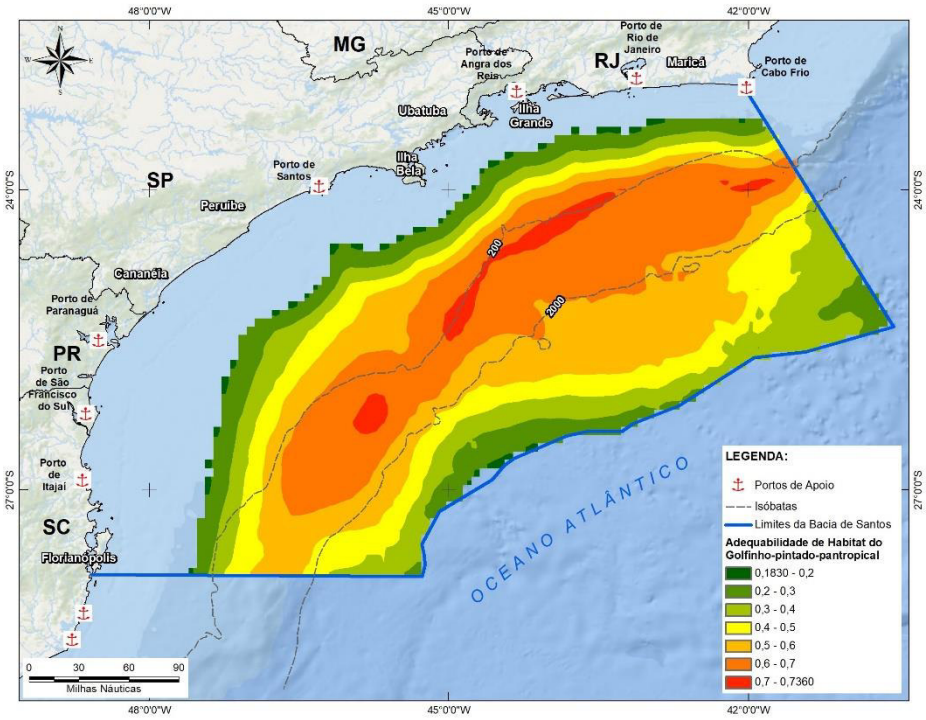


Figura V-25: *Distribuição potencial do golfinho-pintado-pantropical (**Stenella attenuata**) na Bacia de Santos.*

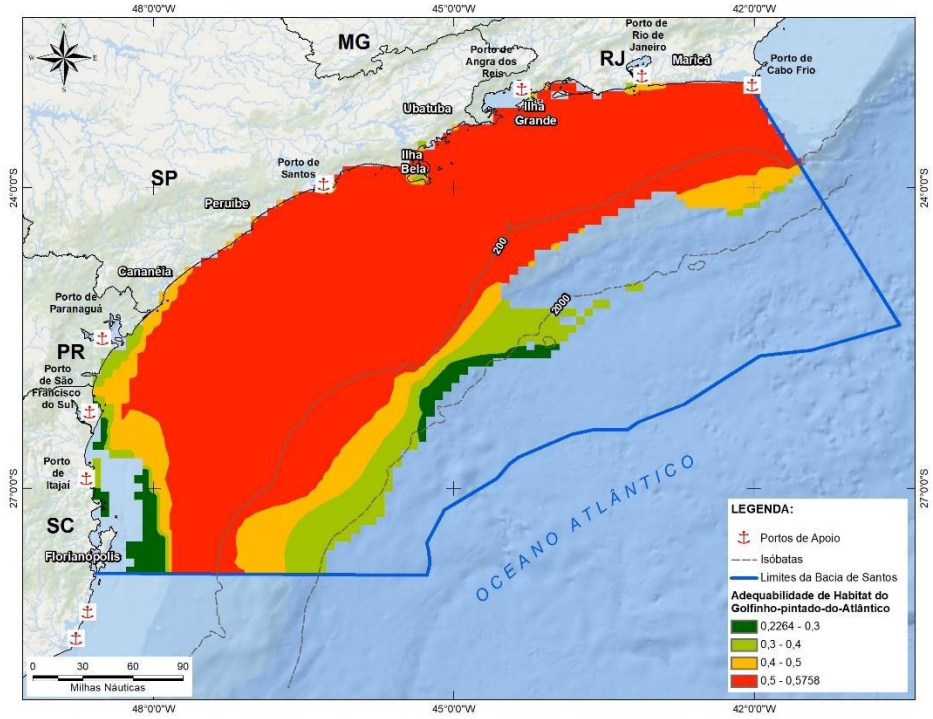


Figura V-26: *Distribuição potencial do golfinho-pintado-do-Atlântico (**Stenella frontalis**) na Bacia de Santos.*

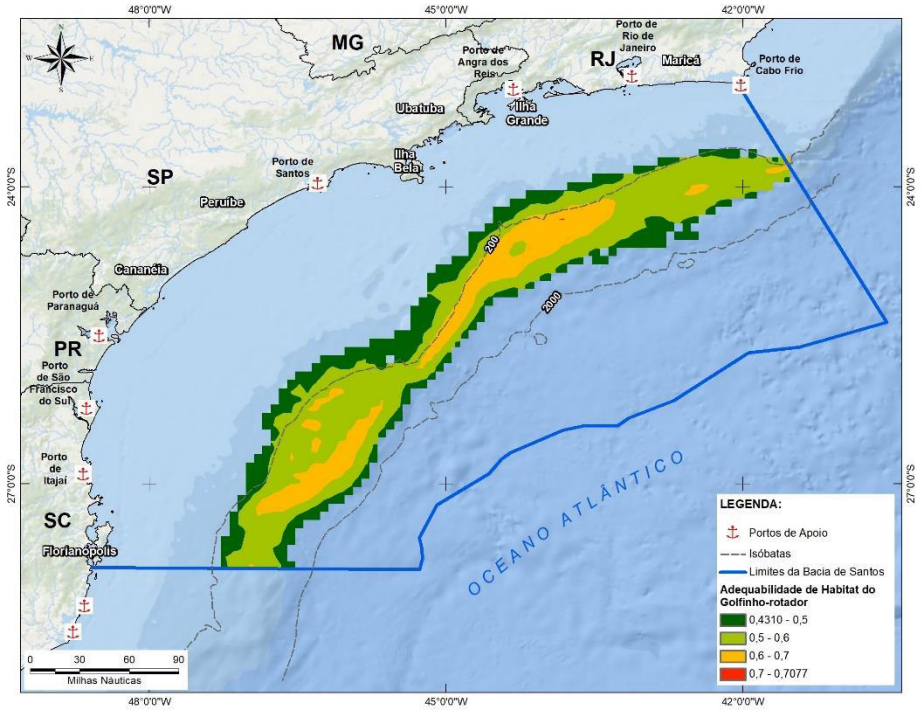


Figura V-27: *Distribuição potencial do golfinho-rotador (**Stenella longirostris**) na Bacia de Santos.*

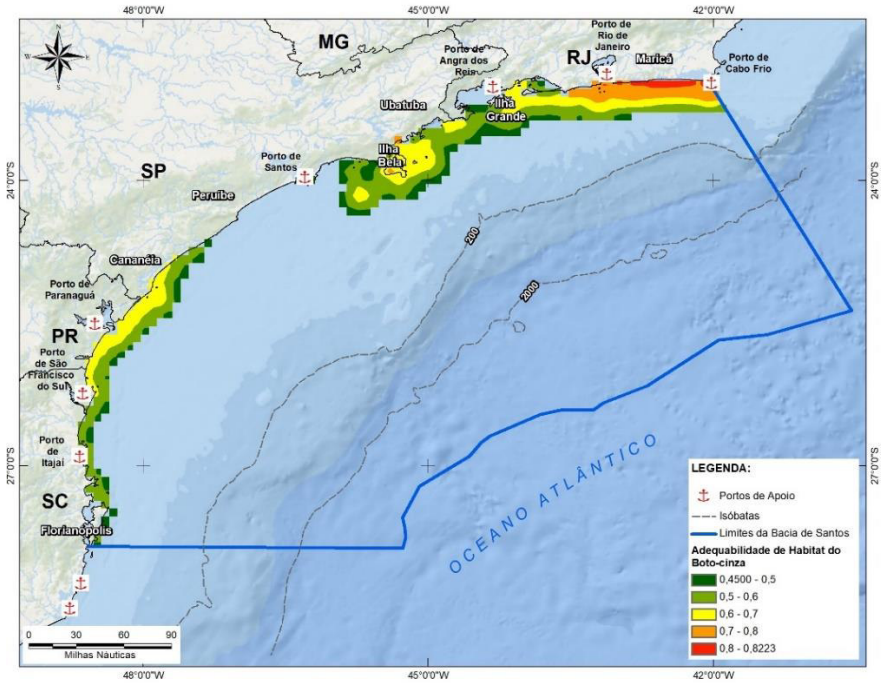


Figura V-28: *Distribuição potencial do boto-cinza (**Sotalia guianensis**) na Bacia de Santos.*

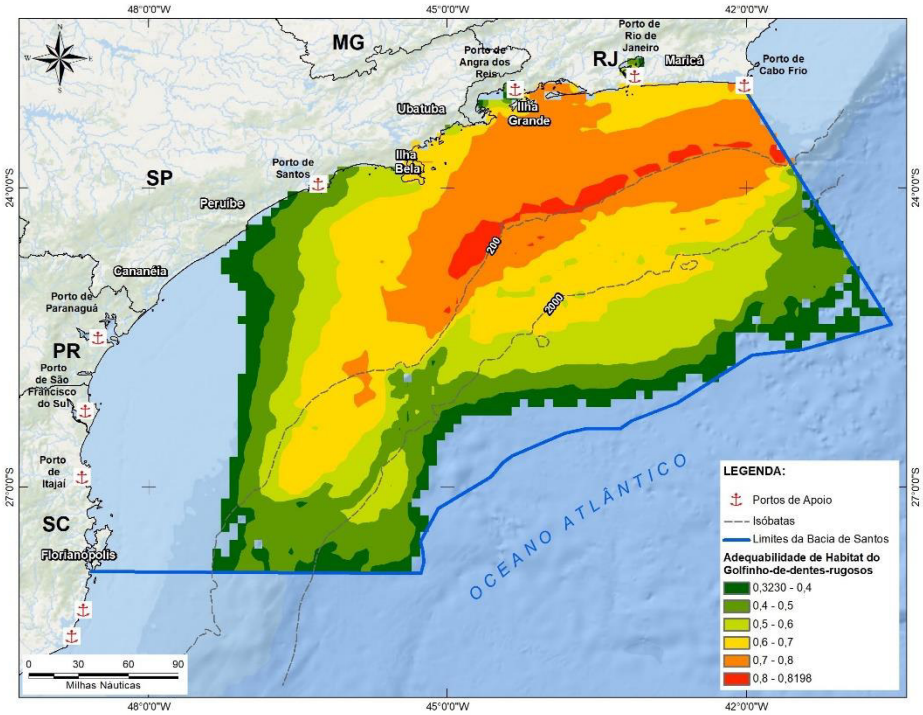


Figura V-29: *Distribuição potencial do golfinho-de-dentes-rugosos (**Steno bredanensis**) na Bacia de Santos.*

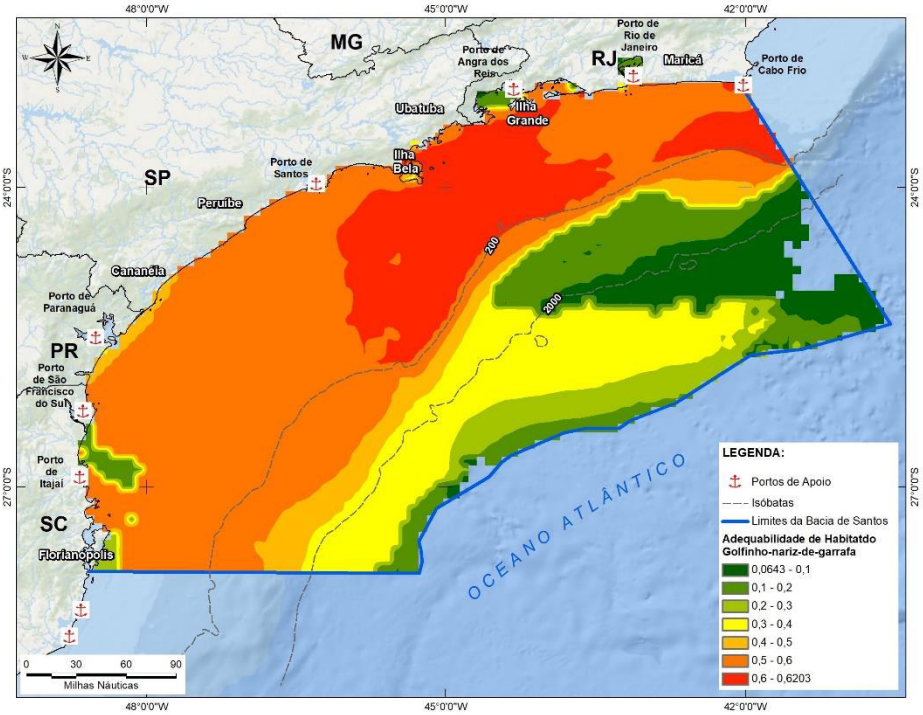


Figura V-30: *Distribuição potencial do golfinho-nariz-de-garrafa (**Tursiops truncatus**) na Bacia de Santos.*

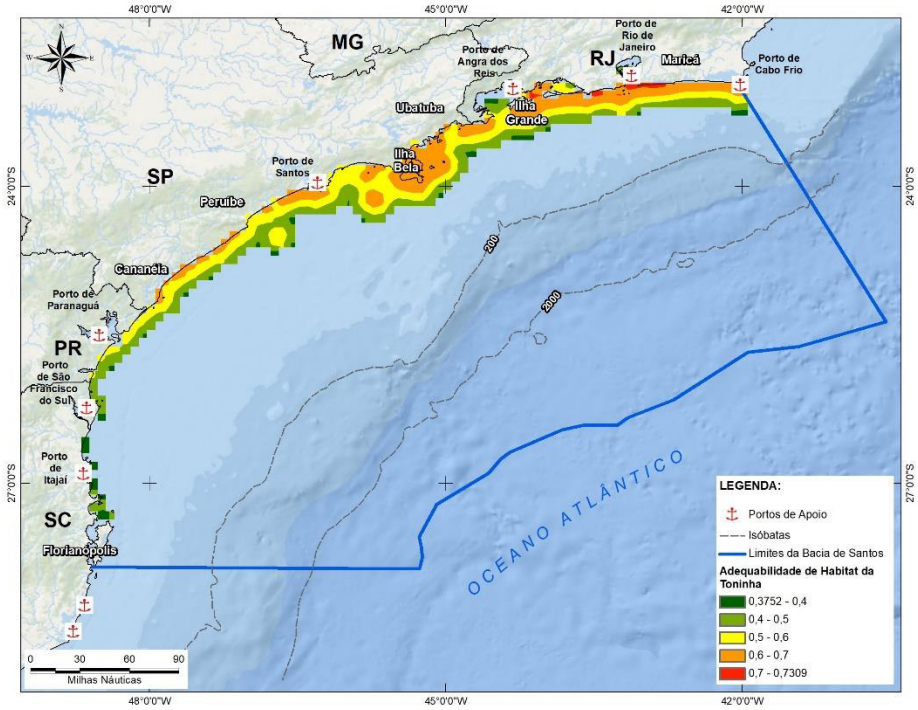


Figura V-31: *Distribuição potencial da toninha (**Pontoporia blainvillei**) na Bacia de Santos.*

Dentre as variáveis ambientais utilizadas, a média anual da temperatura na superfície foi a variável mais importante em descrever os habitats e determinar a distribuição potencial dos cetáceos da Bacia de Santos. A maior parte das espécies (70,6%; n = 12) teve esta variável como principal determinante da distribuição potencial, com uma contribuição média de 51,5% para os modelos. Em seguida vem a batimetria como variável mais explicativa da distribuição potencial dos táxons de cetáceos avaliados, com contribuição média para os modelos de 33,2%.

A identificação das regiões com habitats importantes para comunidade de cetáceos respaldou-se nos mapas de distribuição potencial dos 17 táxons, que foram avaliados por sobreposição. Posteriormente, foi possível gerar a média combinada da adequabilidade de habitats (**Figura V-32**). O mapa resultante evidencia a importância de toda a região do talude continental da Bacia de Santos. Outra região com mais adequabilidade para os cetáceos foi a região costeira que compreende da Ilha de São Sebastião (Ilhabela) até o Cabo Frio.

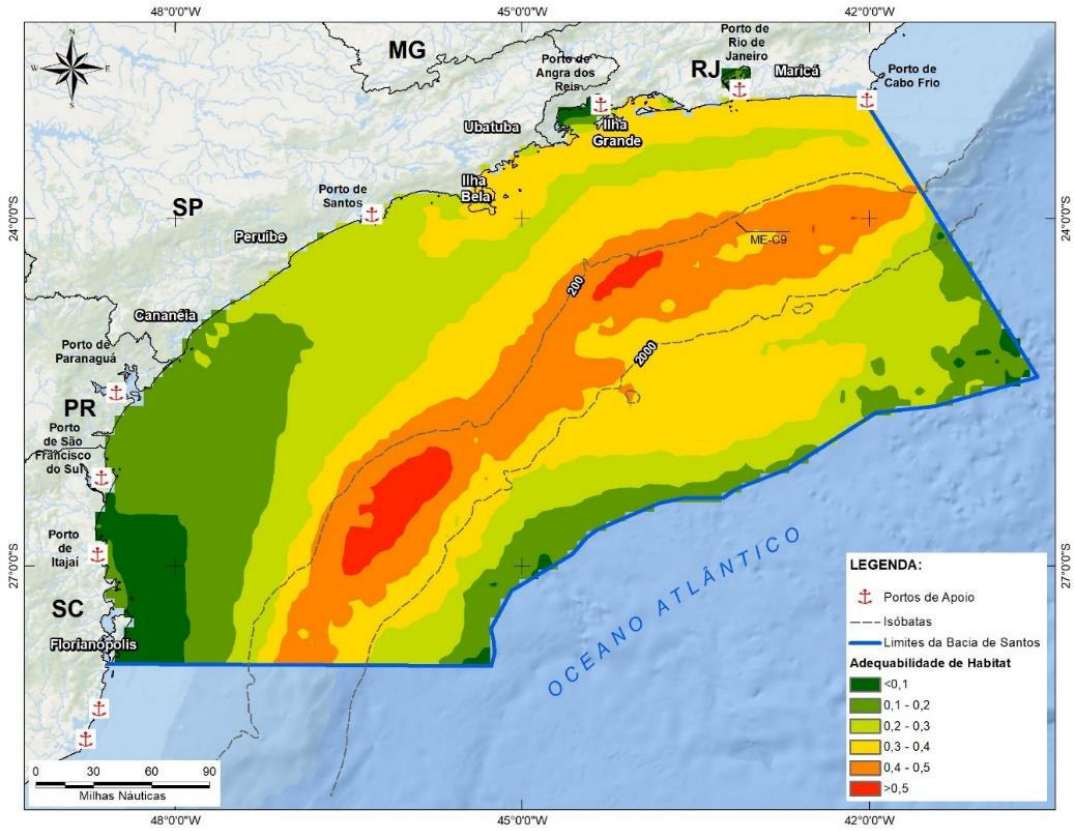


Figura V-32: *Distribuição potencial combinada de 17 táxons de cetáceos na Bacia de Santos.*

V.2.2 Modelagem de habitat considerando interferências antrópicas

A distribuição dos cetáceos e suas presas pode responder a variáveis estáticas (*e.g.*, batimetria) e/ou dinâmicas que oscilam em diferentes escalas temporais e espaciais (*e.g.*, temperatura, salinidade, clorofila, correntes). Para entender os fatores que governam a distribuição dos cetáceos na Bacia de Santos e se ela é afetada por atividades humanas, neste item procurou-se modelar estatisticamente a variação espacial no número de detecções de misticetos e odontocetos na Bacia de Santos em função de diversas variáveis ambientais e antrópicas.

Variáveis ambientais e antrópicas

Para as análises, utilizou-se inicialmente um *grid* com 974 quadrantes ou blocos de aproximadamente 18,5 km de largura. Cada bloco/quadrante corresponde à unidade amostral da modelagem de habitat. Deste *grid* inicial foram eliminados os blocos com amostragem menor que uma milha náutica navegada em esforço ou com ausência de dados para alguma variável ambiental. Depois da filtragem restaram 916 quadrantes, que foram caracterizados de acordo com diversas variáveis ambientais e antrópicas descritas a seguir:

- **BATIMETRIA**: Os dados Batimétricos foram obtidos do *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO)[2], que corresponde ao modelo de Elevação do fundo dos oceanos (**Figura V-33**). O conjunto de dados GEBCO inclui modelos mundiais que estão disponíveis para download em uma grade global de intervalo de 30 segundos (2014) e 1 minuto (2008). Os dados batimétricos seguiram o formato raster, possibilitando o processamento em ambiente SIG e a construção de modelos hipsométricos e clinográficos (**Figura V-34**) do assoalho oceânico na área do projeto e no seu entorno.

[2] http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

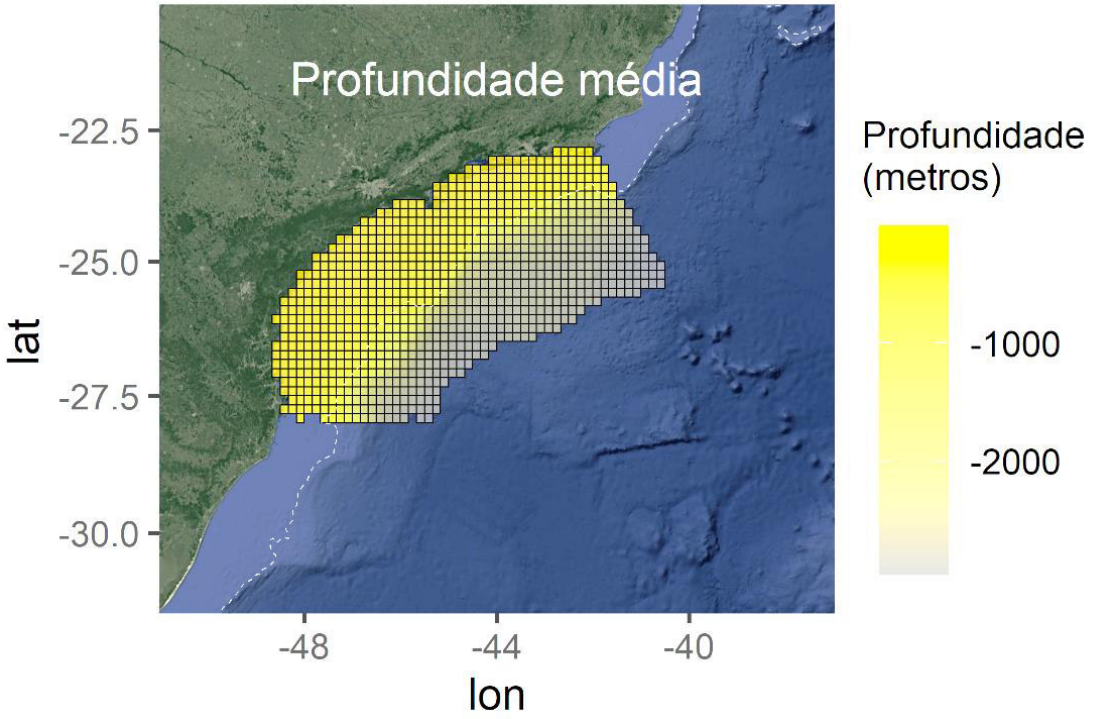


Figura V-33: *Profundidade média (em metros) na Bacia de Santos.*

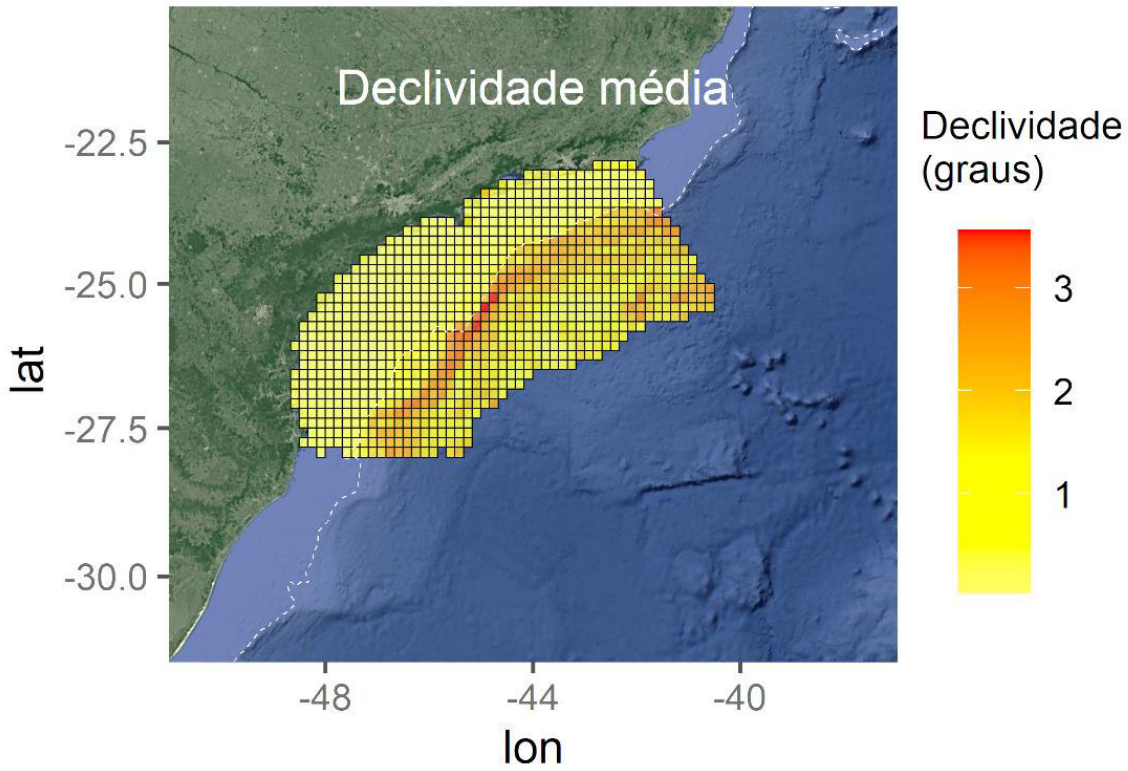


Figura V-34: *Declividade média (em graus) na Bacia de Santos.*

- DISTÂNCIA DA COSTA: A distância da costa foi calculada da borda mais próxima do bloco para o ponto mais próximo da costa, medida em quilômetros (**Figura V-35**).

- TEMPERATURA: Os dados de temperatura da superfície do mar (SST) (**Figura V-36**) incluíram duas fontes distintas com informações geradas diariamente através de sensoriamento remoto: (a) dados obtidos da base operacional pela Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica (REMO) do Laboratório de Meteorologia Aplicada da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LMA / UFRJ)[3]; e (b) dados do Instituto Meteorológico Dinamarquês (DMI)[4]. Detalhes das duas fontes de informações coletadas via satélite estão descritas no Relatório Anual 3 do PMC-BS (PETROBRAS, 2018). Foram utilizados os dados médios dos períodos das campanhas.

- CORRENTES OCEÂNICAS: Os dados de correntes oceânicas (**Figura V-37**) foram obtidos do projeto Ocean Surface Current Analyzes - Real Time (OSCAR) da NOAA, que publica estimativas globais das correntes de superfície do oceano, combinando observações de satélites de altímetros que medem a altura da superfície do mar[5], os dispersores que estimam os vetores de vento do oceano[6] e sensores de temperatura da superfície do mar[7]. O objetivo do projeto OSCAR é fornecer estimativas de corrente oceânica mais precisas do que aquelas baseadas em altimetria, particularmente em regiões tropicais, ao combinar a dinâmica de cisalhamento geostrófica, Ekman e Stommel e um termo complementar do gradiente de flutuação da superfície (BONJEAN & LAGERLOEF, 2002). Foram utilizados os dados médios dos períodos das campanhas.

[3] Disponível em: <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/REMO_OI_SST_5km-UFRJ-L4-SAMERICA-v1.0>
[4] Disponível em: <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/DMI_OI-DMI-L4-GLOB-v1.0>
[5] por exemplo, TOPEX / Poseidon.
[6] por exemplo, QuikSCAT
[7] por exemplo, AVHRR

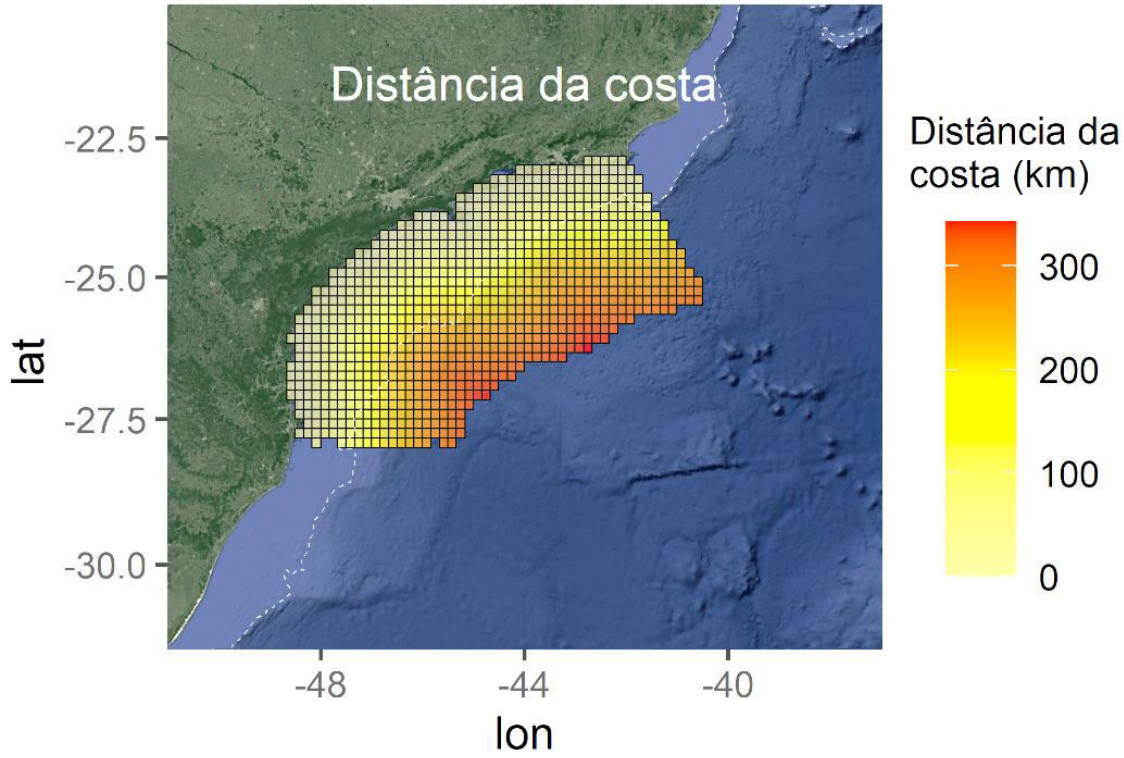


Figura V-35: *Distância da costa (em quilômetros) na Bacia de Santos.*

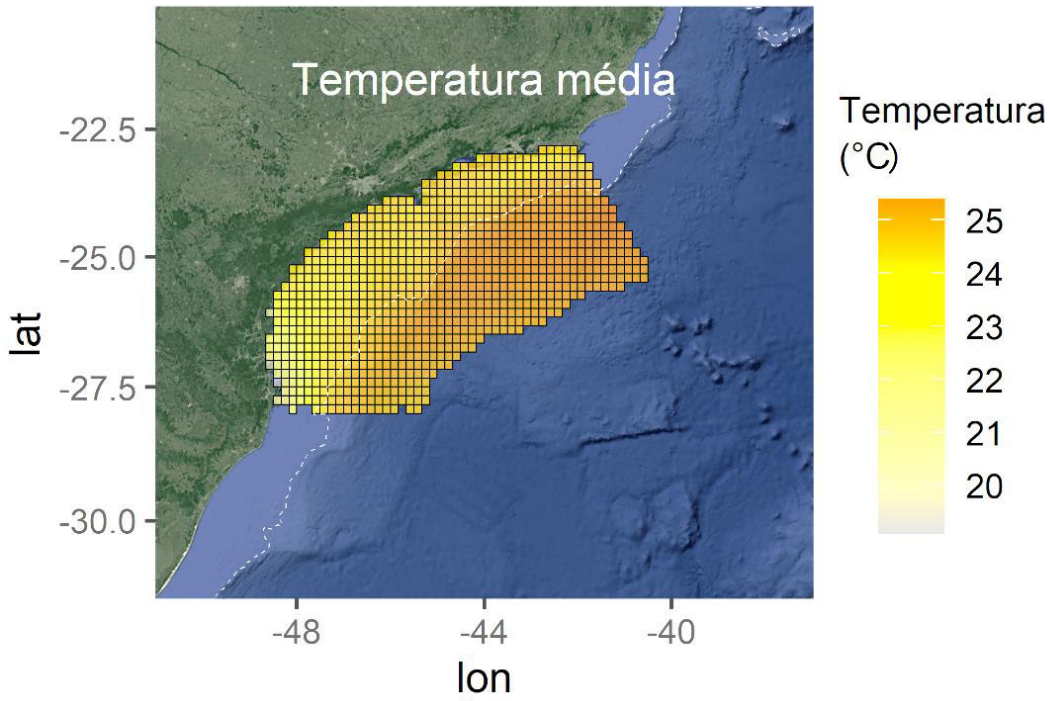


Figura V-36: *Temperatura média da água na superfície (em °C) na Bacia de Santos. Dados médios dos períodos de campanha.*

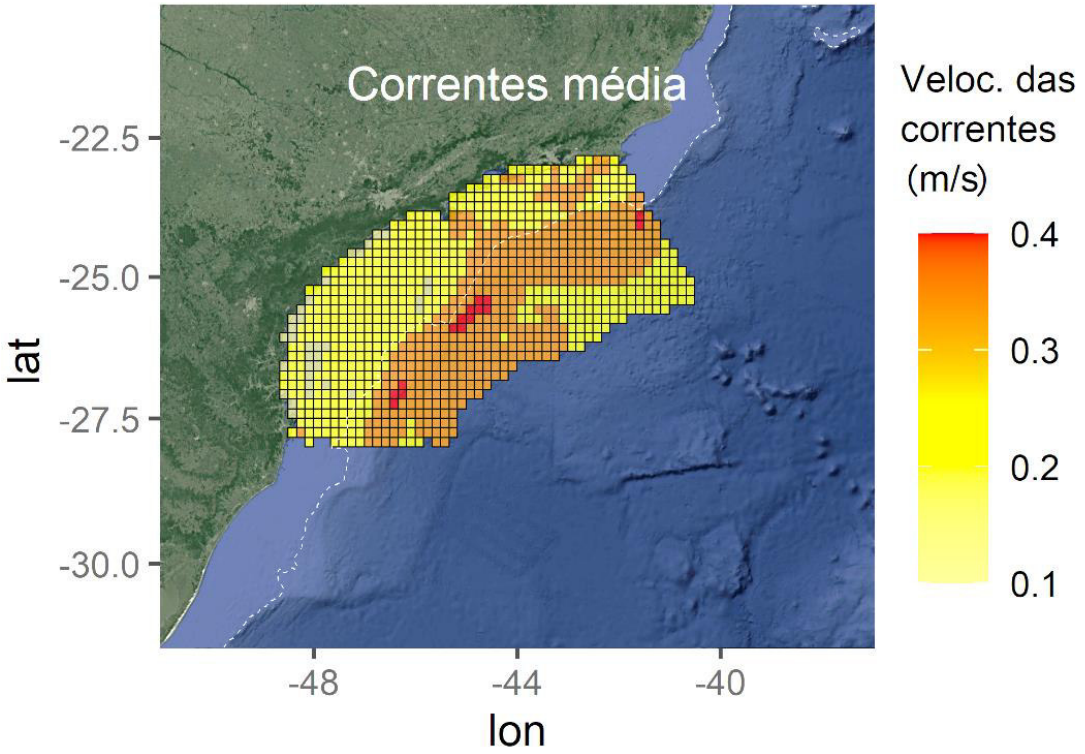


Figura V-37: *Velocidade das correntes marítimas (em m/s) na Bacia de Santos. Dados médios dos períodos de campanha.*

- CLOROFILA: Os dados de concentração de clorofila A foram obtidos do Grupo OceanColor da NASA GSFC[8], que disponibilizada dados Rasters climatológicos para um produto de Imagem Padrão Nível 3 (SMI) (**Figura V-38**). O OceanColor Group da NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) publica uma variedade de produtos de imagem de satélite derivados de observações de cores oceânicas feitas por sensores em órbita polar, como MODIS, SeaWiFS, OCTS e CZCS. Segundo o projeto, o algoritmo fornece a concentração superficial de clorofila-a em mg/m³ (ver mais detalhes em PETROBRAS, 2018).

SALINIDADE: Os dados de salinidade da água na superfície foram obtidos do projeto HYCOM (**Figura V-39**). O projeto é mantido como um único código fonte escalável / portátil mantido pelo Centro de Recursos Compartilhados Maiores do Office Oceanográfico Naval (NAVOCEANO). O modelo de forçamento para o oceano vem da Reanálise do Sistema de Previsão Climática

[8] Disponível em: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/atbd/chlor_a/>

do Centro Nacional de Previsão Ambiental (NCEP) (SAHA et al., 2010). As condições de limite aberto são fornecidas pela reanálise HYCOM global. Os dados são interpolados para uma grade uniforme de 1/25° (GOMu0.04), convertidos para NetCDF e interpolados para 40 níveis. Os resultados obtidos para salinidade são medidos em PSU (Practical Salinity Unit). Foram utilizados os dados médios dos períodos das campanhas.

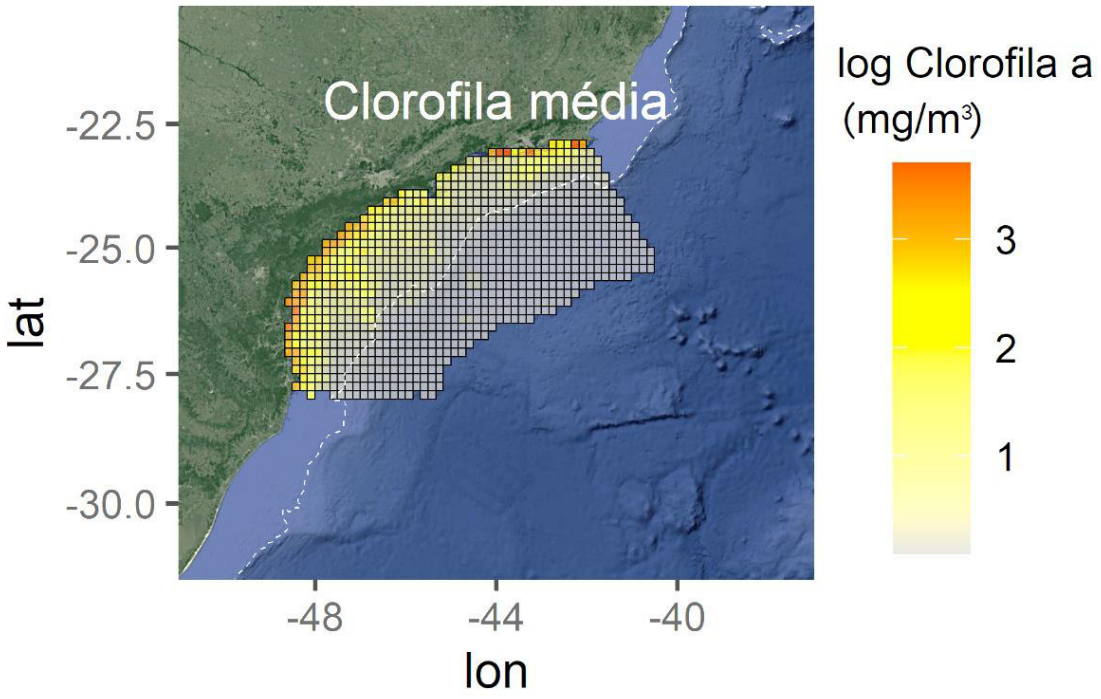


Figura V-38: *Concentração de clorofila A (em mg/m^3) na Bacia de Santos.*

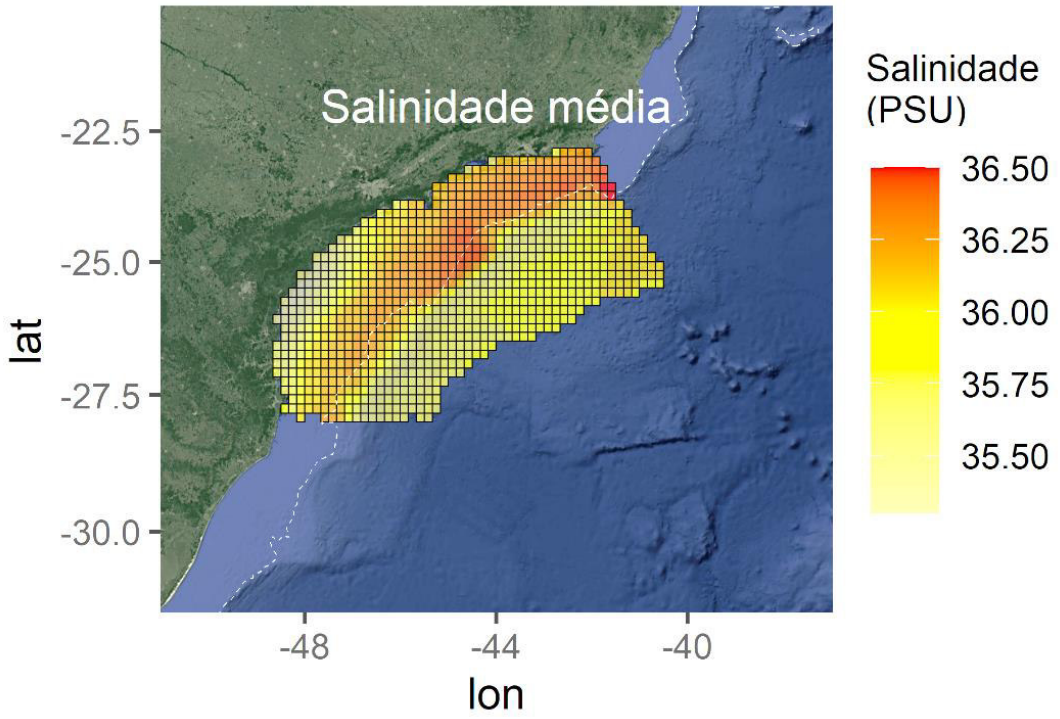


Figura V-39: *Salinidade da água na superfície (PSU) na Bacia de Santos. Dados médios dos períodos das campanhas.*

- TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES: Esta variável antrópica foi descrita pela intensidade de tráfego marítimo em cada bloco, medido pelo logaritmo da distância percorrida pelas embarcações em metros dentro do bloco (**Figura V-40**). Esses dados foram fornecidos em caráter mensal pelo Programa de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE) da Bacia de Santos. Devido à grande diferença de escala de valores do tráfego de embarcações em relação às outras variáveis, os valores trafegados em cada bloco foram transformados pelo logaritmo natural (log) antes da modelagem. Para as análise foram consideradas três variáveis relacionadas ao tráfego: tráfego total, tráfego de embarcações a serviço da Petrobras e tráfego de embarcações de terceiros.

- PROXIMIDADE DE UNIDADES DE PRODUÇÃO DE ÓLEO E GÁS: Esta variável consistiu da distância mais próxima da borda do bloco até a unidade de exploração/produção de petróleo e/ou gás do Pré-Sal (**Figura V-41**).

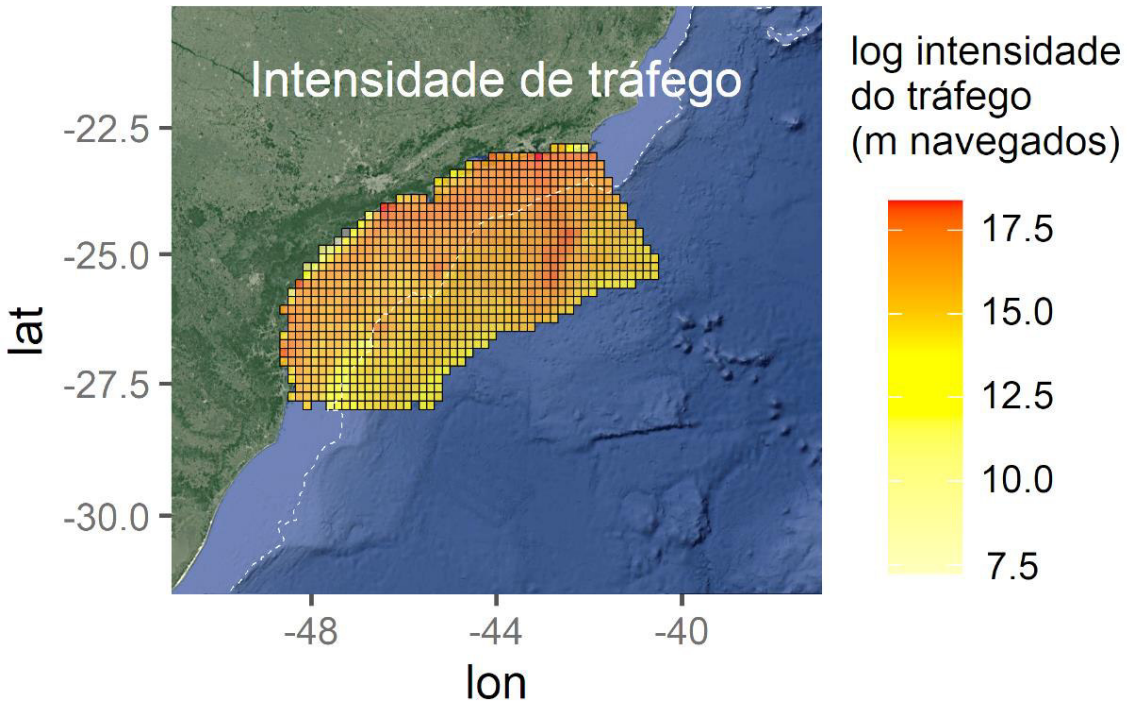


Figura V-40: *Intensidade de tráfego de embarcações (em log de metros navegados) na Bacia de Santos.*

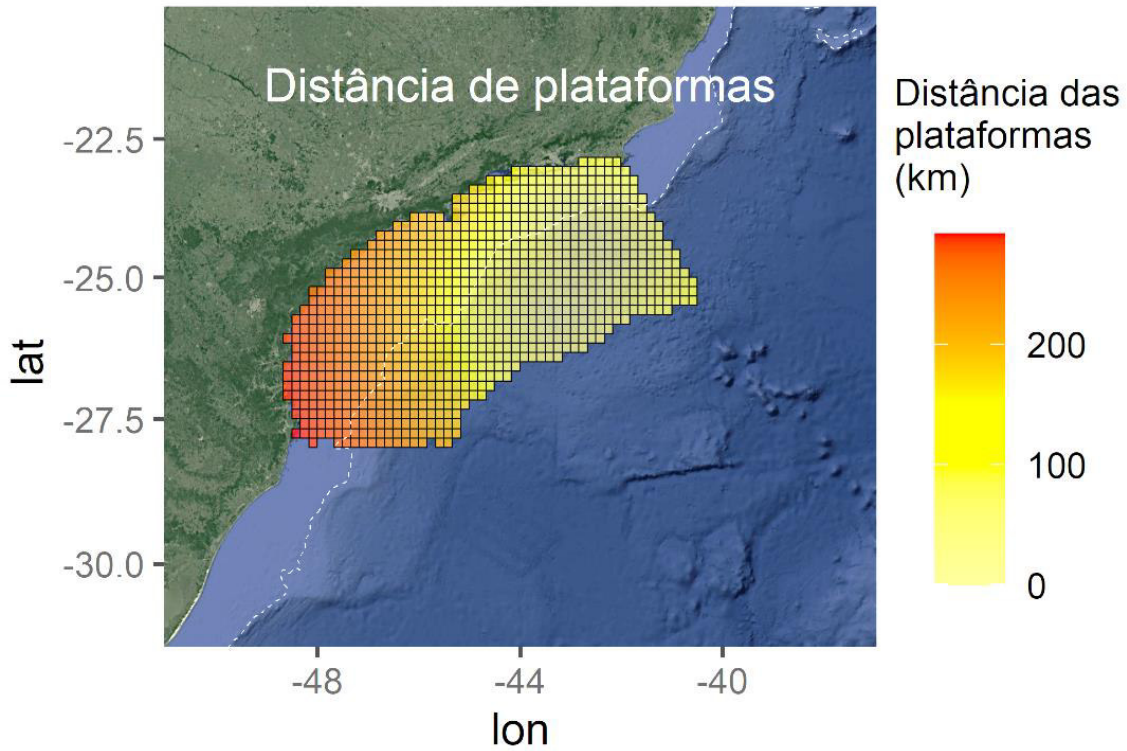


Figura V-41: *Distância das plataformas de produção de petróleo do Pré-Sal na Bacia de Santos.*

- ATIVIDADES DE PESCA: Os eventos de pesca foram coletados pelo Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira na Bacia de Santos (PMPA-BS) e representados pela quantidade de kg de pescado capturados no quadrante (bloco estatístico com 10' de lado) transformados pelo logaritmo natural (**Figura V-42**).

- **PAISAGEM ACÚSTICA**: A caracterização da paisagem acústica submarina foi feita por meio de medições dos níveis de pressão sonora (SPL) do ruído ambiente da região da Bacia de Santos, no âmbito do Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos (PMPAS-BS). Foram utilizados dados de perfiladores lagrangeanos (PABLO) e *gliders* em quatro frequências (63, 125, 500 e 1000 Hz; ver PETROBRAS, 2020), coletados nos anos de 2016 a 2019, considerando a faixa de profundidade de 0 a 1100 m (**Figura V-43**).

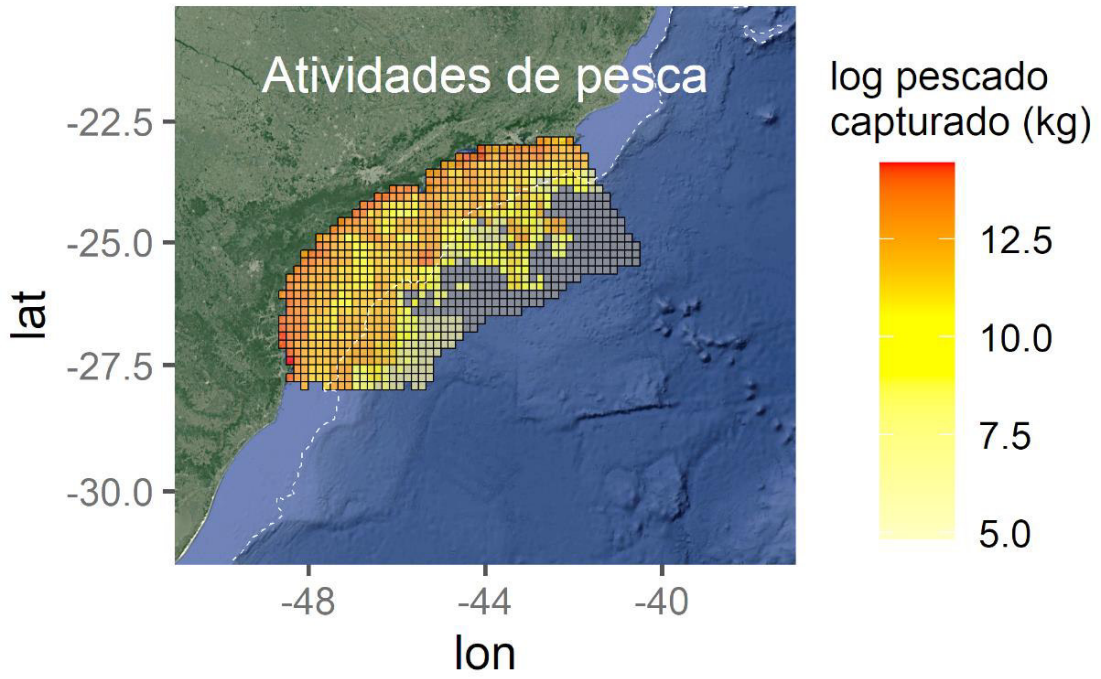


Figura V-42: *Intensidade de atividades de pesca artesanal e industrial (em log kg de pescado capturado) na Bacia de Santos.*

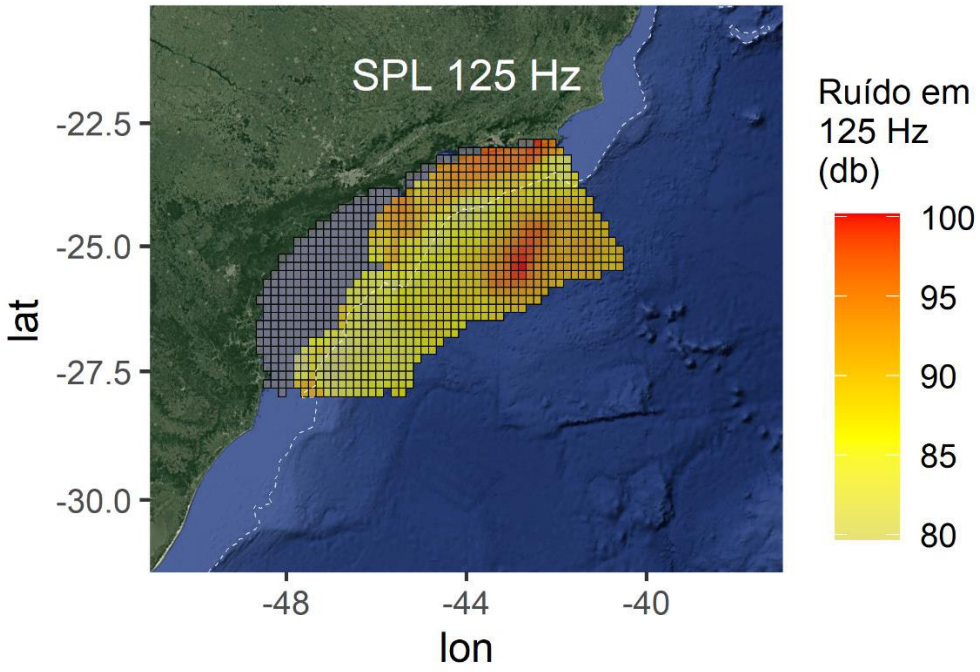


Figura V-43: *Nível de pressão sonora (SPL) na faixa de frequência de 125 Hz (em dB) na Bacia de Santos.*

Processamento dos dados ambientais

Todos os dados satelitais analisados neste estudo contaram com o auxílio da ferramenta Marine Geospatial Ecology Tools (MGET), também conhecida como o pacote GeoEco Python. O MGET é uma "caixa de ferramentas" de geoprocessamento de fonte aberta projetada para pesquisadores costeiros e marinhos e analistas de GIS que trabalham com dados ecológicos e oceanográficos. Ele permite o acesso aos dados oceanográficos; a identificação de características oceanográficas ecologicamente relevantes em imagens de sensoriamento remoto; e a detecção de padrões espaço-temporais em dados de séries temporais.

O acesso aos dados é realizado com base nas datas de cada uma das campanhas e no tipo de informação que se deseja adquirir, gerando, assim, a média das informações em cada intervalo. Os dados são adquiridos em formato Raster, cuja informação fica relacionada ao pixel, e vão corresponder, respectivamente, à resolução espaço-temporal de cada sensor.

Os processamentos desses dados resultaram em um arquivo Raster de toda a área do projeto e adjacências, de cada um dos parâmetros analisados, para cada uma das campanhas realizadas. De posse da setorização dos blocos de análise, realizou-se o cruzamento dos setores com os dados de satélite, resultando, assim, no valor médio de cada parâmetro, em cada bloco.

A ferramenta *Zonal Estatistical as Table* em ambiente GIS possibilitou esse processo. Ela resume os valores de um Raster dentro das zonas de outro conjunto de dados e repassa os resultados a uma tabela. Dessa maneira, a média dos registros dos pixels existentes naquela região foi extraída de dentro da área de cada bloco de análise.

Análises dos dados

A modelagem estatística é uma ferramenta importante para a análise desses dados, pois permite descrever e gerar previsões sobre a abundância relativa de cetáceos nos blocos em função de fatores ambientais e antrópicos.

Dois conjuntos de modelos foram construídos e analisados com os dados das Campanhas de Avistagem Embarcada, um para misticetos e outro para odontocetos. Nos dois casos, a variável resposta foi o número de detecções visuais totais no bloco durante as dez campanhas realizadas nos cinco anos de PMC-BS (**Figura V-44** e **Figura V-45**).

O número de detecções foi corrigido pelo esforço amostral em milhas náuticas navegadas em cada quadrante (**Figura V-46**). O esforço amostral nos quadrantes considerados para modelagem, após a eliminação dos quadrantes com menos de uma milha náutica percorrida, variou entre 1,1 a 123,2 milhas náuticas (média = 34,9 ± 15,0). Este esforço foi transformado pelo logaritmo natural do somatório total de rotas navegadas dentro do bloco e incluído como um termo *offset* nos modelos. Este termo implica na modelagem das variáveis resposta corrigidas pelo esforço nos quadrantes;

Do conjunto de 916 quadrantes filtrado pelo esforço amostral e caracterizados em relação às variáveis explanatórias, uma nova filtragem resultou na eliminação de quadrantes que não possuíam dados para todas as variáveis explanatórias. As variáveis de ruídos foram as que tiveram a menor cobertura espacial de amostragem na Bacia de Santos, pois focaram as

coletas na região ao largo da plataforma continental do Rio de Janeiro, e região oceânica da Bacia de Santos. Esta filtragem resultou em 703 quadrantes que foram usados para a modelagem e possuíam dados para todas as variáveis. Apesar de eliminar um número considerável de unidades amostrais (quadrantes), este procedimento é necessário pois a seleção de modelos se baseia na premissa de que os modelos foram ajustados para o mesmo conjunto de dados.

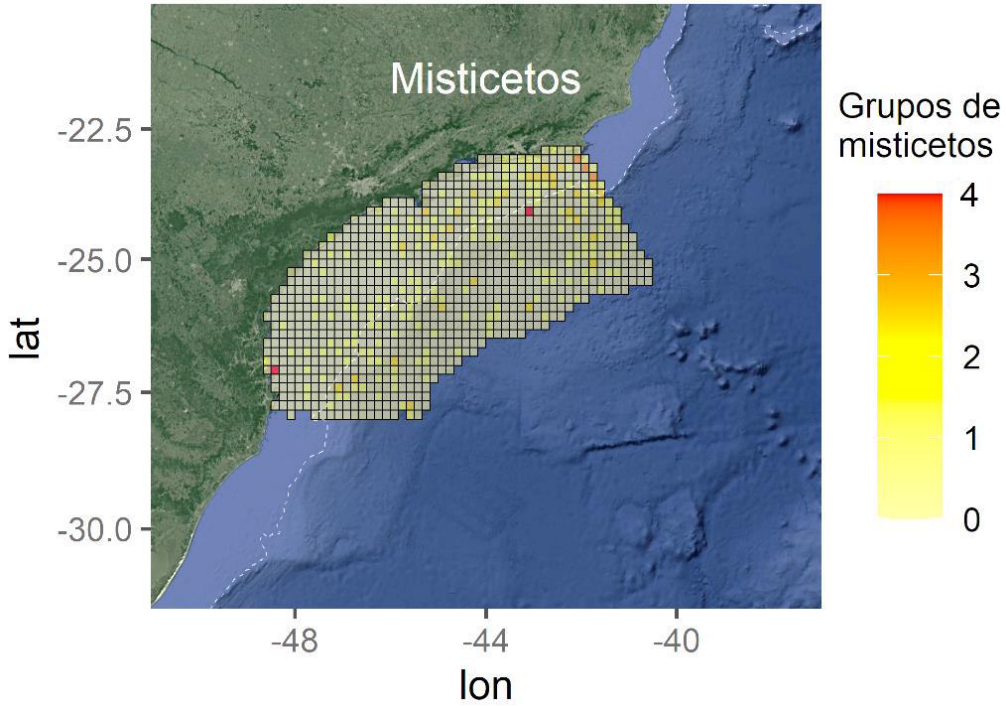


Figura V-44: *Número de detecções visuais de grupos de misticetos durante Campanhas de Avistagem Embarcada na Bacia de Santos.*

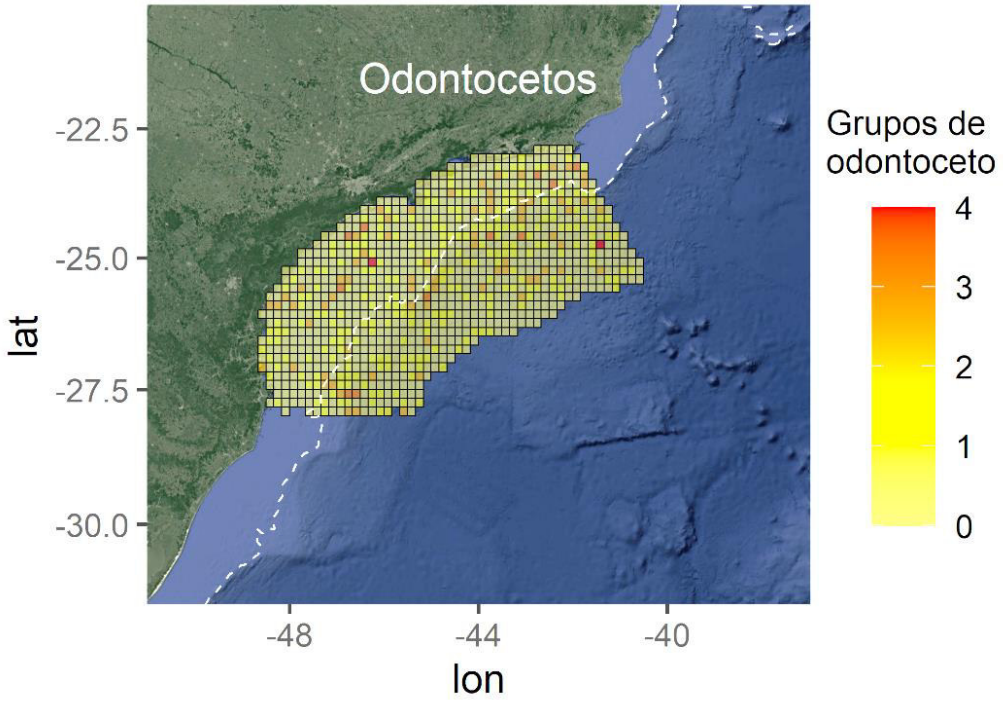


Figura V-45: *Número de detecções visuais de grupos de odontocetos durante Campanhas de Avistagem Embarcada na Bacia de Santos.*

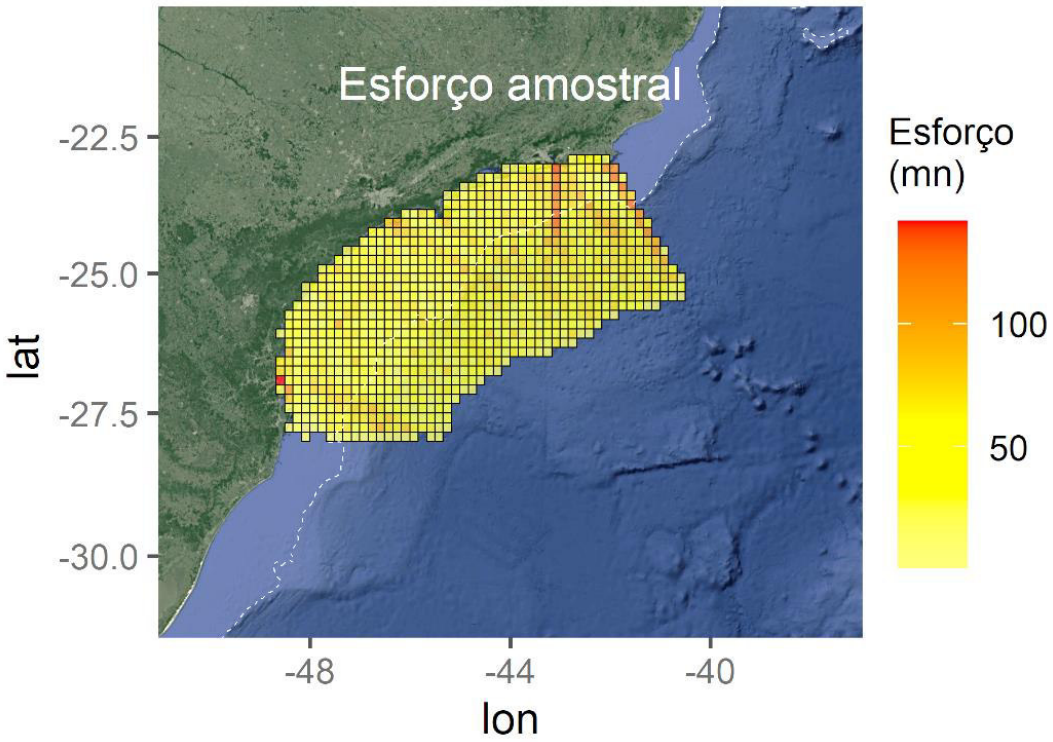


Figura V-46: *Milhas náuticas navegadas em esforço pelas Campanhas de Avistagem Embarcada na Bacia de Santos.*

Em função da grande quantidade de quadrantes com nenhuma detecção (61,8% de zeros para odontocetos e 71,9% de zeros para os misticetos), optou-se por uma distribuição que considera a sobre-dispersão dos dados, como a distribuição Binomial Negativa. Os dados foram analisados usando Modelos Generalizados Lineares (GLM) com distribuição de erros Binomial Negativa (MCCULLAGH; NELDER, 1989).

Foram consideradas 28 variáveis explanatórias conforme descrição na **Tabela V-4**. As variáveis foram avaliadas aos pares quanto à sua correlação, pois a colinearidade (correlação entre variáveis explanatórias) pode ser um problema para os GLM (ZUUR et al., 2007). Algumas variáveis explanatórias estavam fortemente correlacionadas, tanto positivamente quanto negativamente (**Figura V-47**). As variáveis correlacionadas não foram incluídas em um mesmo modelo.

Considerando a grande quantidade de zeros, inicialmente optou-se por construir modelos mais simples, contendo apenas uma variável. A partir dos melhores modelos com uma variável foi adicionada uma segunda variável, ou mais variáveis quando pertinente. Além da definição *a priori* da correlação entre variáveis, e não inclusão de variáveis altamente correlacionadas em um mesmo modelo, após a construção do modelo foi avaliado o fator de inflação da variância (VIF) como diagnóstico *a posteriori* de colinearidade. Foram excluídos modelos que tivessem alguma variável com VIF maior que 2,5. O melhor modelo foi escolhido com base no menor valor de AIC, que reflete o bom ajuste do modelo aos dados e penaliza pelo número de parâmetros do modelo (BURNHAM; ANDERSON, 2002).

Tabela V-4: *Variáveis consideradas na modelagem de habitat dos cetáceos na Bacia de Santos.*

Abreviação	Variável (unidade de medida)
Prof_m	Profundidade média (metros)
Prof_u	Profundidade máxima (metros)
Prof_d	Profundidade mínima (metros)
Prof_r	Variação da profundidade (metros)
Decli_m	Declividade média (graus)
Decli_r	Variação da declividade (graus)

Abreviação	Variável (unidade de medida)
Dist	Distância da costa (km)
Corr_m	Velocidade média da corrente (m/s)
Corr_v	Variabilidade (desvio padrão) da velocidade da corrente (m/s)
Temp_m	Temperatura média da superfície (graus Celsius)
Temp_u	Temperatura máxima (graus Celsius)
Temp_d	Temperatura mínima (graus Celsius)
Temp_r	Variação da temperatura (graus Celsius)
Sal_m	Salinidade média (psu)
Sal_d	Salinidade mínima (psu)
Clor_m	Clorofila a média (mg/m^3)
Clor_u	Clorofila a máxima (mg/m^3)
Plats	Distância de unidade de produção de óleo ou gás do Pré-Sal (km)
Boat_tot	Tráfego de embarcações (log metros navegados)
Boat_petro	Tráfego de embarcações a serviço da Petrobras (log metros navegados)
Boat_terc	Tráfego de embarcações de outras empresas (log metros navegados)
Pesca_tot	Intensidade de atividades de pesca (log kg de pescado)
Pesca_art	Intensidade de atividades de pesca artesanal (log kg de pescado)
Pesca_ind	Intensidade de atividades de pesca industrial (kg de pescado)
SPL_63	Intensidade de ruído (SPL) na frequência de 63 Hz (db)
SPL_125	Intensidade de ruído (SPL) na frequência de 125 Hz (db)
SPL_500	Intensidade de ruído (SPL) na frequência de 500 Hz (db)
SPL_1000	Intensidade de ruído (SPL) na frequência de 1000 Hz (db)

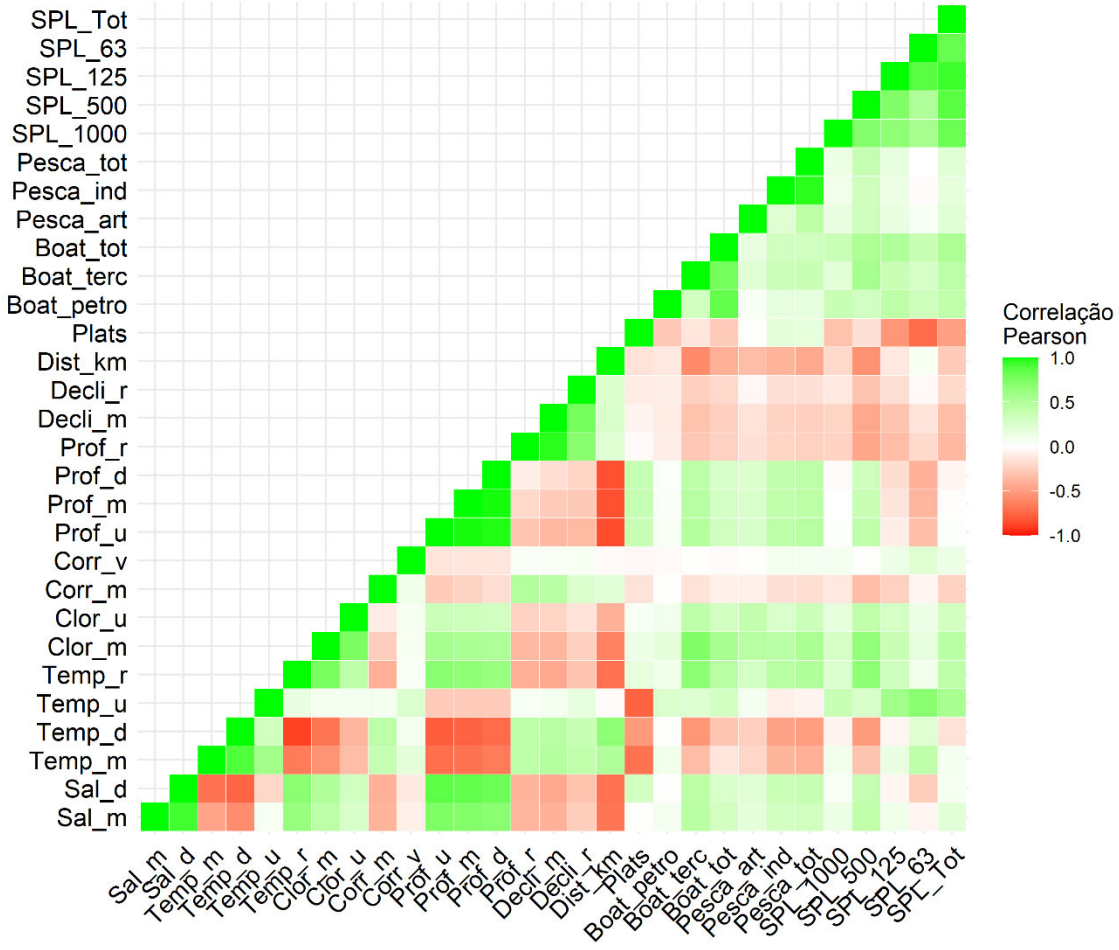


Figura V-47: *Correlação entre as variáveis explanatórias consideradas na modelagem de uso de habitat.*

Resultados da modelagem de habitat

Foram construídos 48 modelos considerando o número de grupos de odontocetos detectados na Bacia de Santos em função de diferentes variáveis explanatórias. Na **Tabela V-5** estão os dez melhores modelos de acordo com o AIC. O melhor modelo levou em consideração quatro variáveis: gradiente de profundidade, distância da costa, intensidade do tráfego de embarcações da Petrobras e ruídos na faixa de 125 Hz. Todos os coeficientes de regressão do modelo foram significativos, indicando que todas as variáveis contribuem para explicar o número de registros de odontocetos nos quadrantes/blocos de análise (**Figura V-48**). O resultados do melhor modelo mostram uma maior frequência de grupos de odontocetos em regiões com maior gradiente de

profundidades, que correspondem ao talude. A distância da costa também foi um fator importante na frequêcia de avistagens de odontocetos, com uso intenso de regiões costeiras e menor número de detecções nas regiões oceânicas, mais distantes do continente. Em relação às variáveis antrópicas, o tráfego de embarcações a serviço da Petrobras tiveram uma correlação positiva com o número de avistagens e o maior nível de ruído afetou negativamente a frequência de avistamentos de odontocetos.

As previsões do melhor modelo para os odontocetos confirmam a concentração de cetáceos ao longo de todo o talude que, conforme discutido em itens anteriores deste relatório (ver itens **V.1.1 Composição e estrutura da comunidade de cetáceos** e **V.2.1 Distribuição e uso de habitat**), apresenta condições propícias para os cetáceos (**Figura V-49**). Neste item cabe ressaltar a maior frequência predita pelo modelo e cooroborada pelas observações em campo de grande concentração de avistagens em uma pequena região de maior declividade no talude, nos arredores de um cânion na latitude aproximada de Cananéia e ao sul da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP). O melhor modelo apresentou desvios residuais bem distribuídos na área de estudo, sem evidência de dependência espacial (**Figura V-50**).

***Tabela V-5**: Modelos Generalizados Lineares (GLM) considerando os efeitos de variáveis ambientais e antrópicas no número de detecções de odontocetos observados durante o PMC na Bacia de Santos.*

Modelo	k	AICc	Delta AICc	Peso AICc
Prof_r + Dist_km + Barcos_petro + SPL_125	6	4448,7	0,00	0,73
Prof_r + Dist_km + Barcos_petro + SPL_125 + Pesca_tot	7	4450,7	2,01	0,27
Prof_r + Dist_km + Barcos_petro	5	4458,9	10,20	0,00
Prof_r + Dist_km + Barcos_tot + SPL_125	6	4460,2	11,52	0,00
Prof_r + Dist_km + Corr_m + SPL_125	6	4468,4	19,79	0,00
Prof_r + Dist_km + SPL_125	5	4468,5	19,80	0,00
Prof_r + Dist_km + SPL_125 + Pesca_tot	6	4469,8	21,13	0,00
Prof_r + Dist_km	4	4470,4	21,70	0,00
Prof_r + Dist_km + Sal_m + SPL_125,	6	4470,5	21,82	0,00
Decli_m + Dist_km + Sal_m + SPL_125	6	4471,7	23,09	0,00

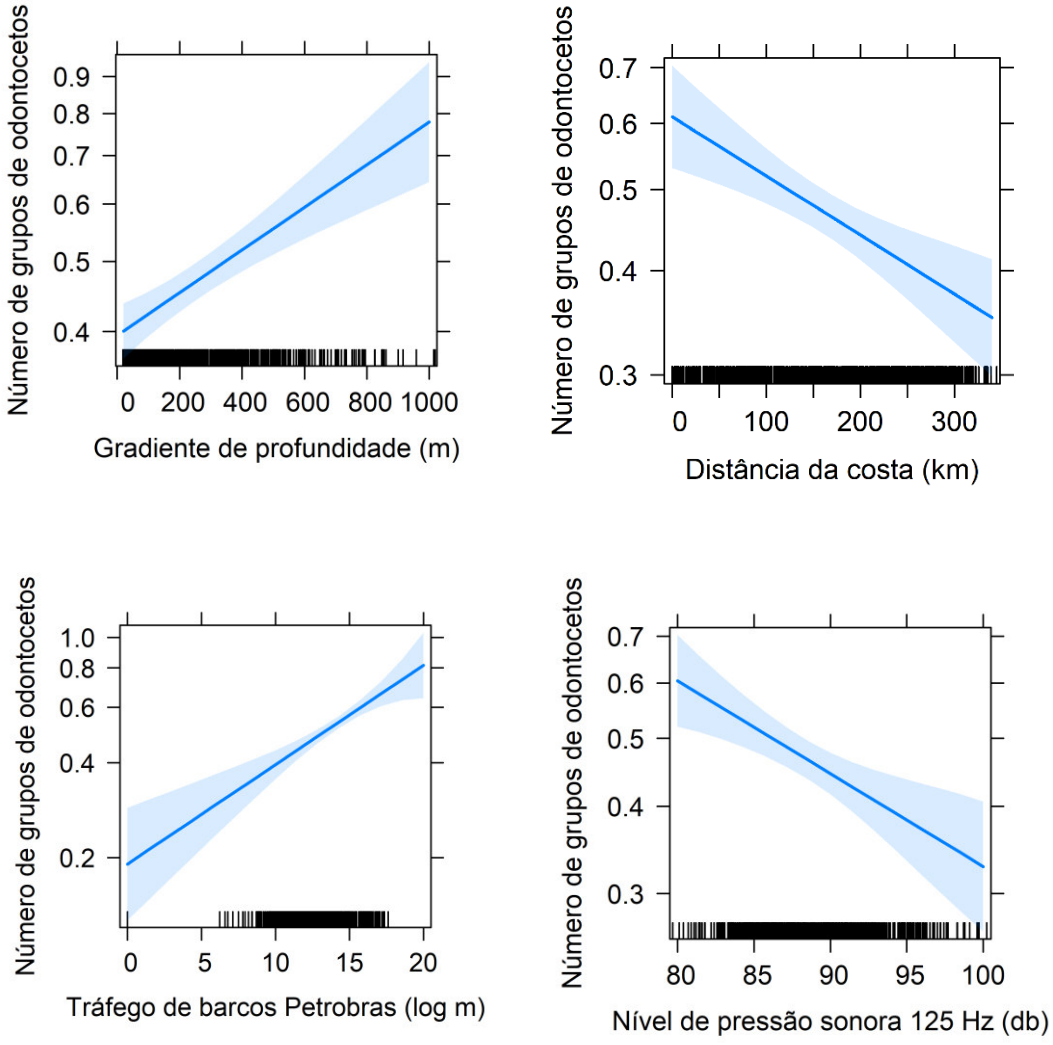


Figura V-48: *Previsões do melhor GLM para o número de detecções de odontocetos em blocos de análise na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC.*

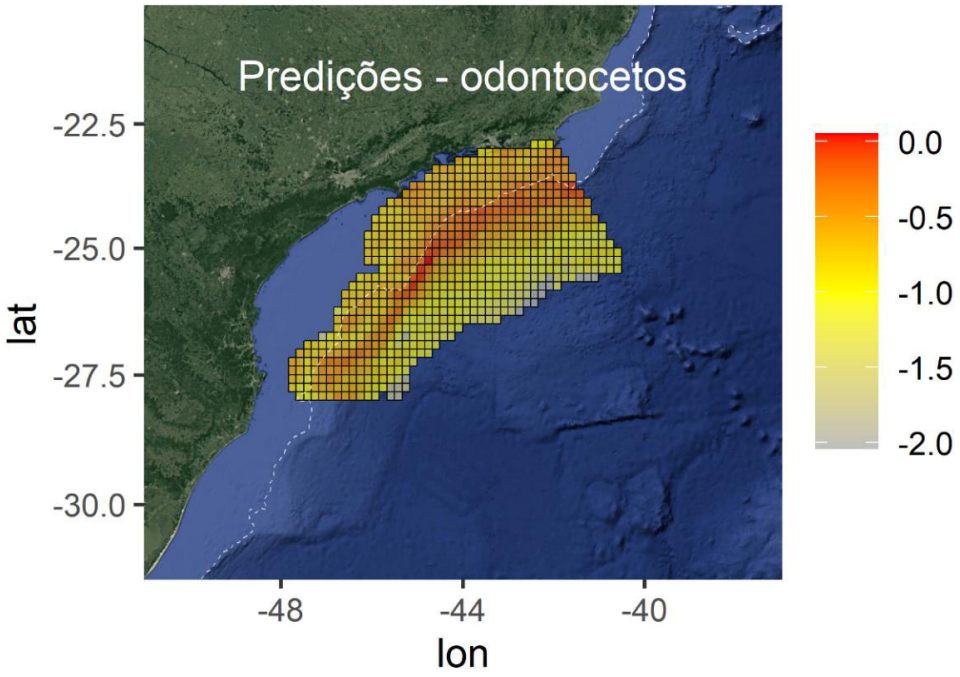


Figura V-49: *Predições do melhor modelo linear generalizado (GLM) para número relativo de detecções de odontocetos na Bacia de Santos.*

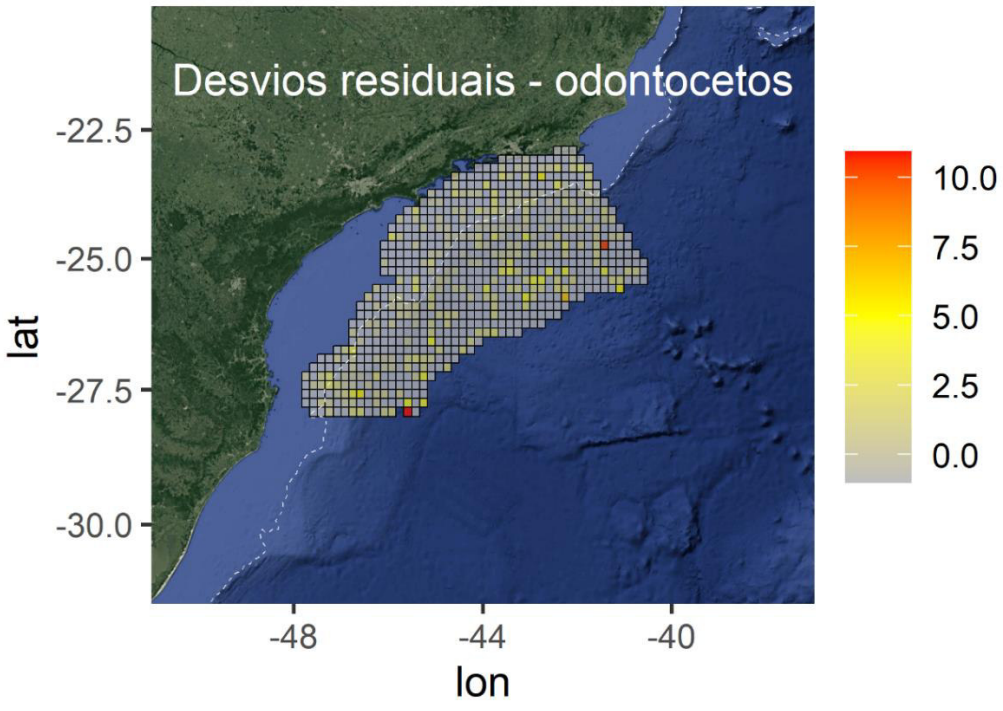


Figura V-50: *Desvios residuais do melhor modelo linear generalizado (GLM) para número de detecções de odontocetos na Bacia de Santos.*

Foram construídos 54 modelos para os misticetos. Na **Tabela V-6** foram descritos os dez melhores modelos de acordo com o AIC para o uso espacial dos misticetos na Bacia de Santos. O melhor deles considerou as seguintes variáveis explanatórias: a temperatura máxima, a salinidade média, a intensidade do tráfego de embarcações a serviço da Petrobras e o nível de ruído a 125 Hz. A frequência de avistagens de grupos de misticetos foi maior em regiões com máximas de temperatura maiores (**Figura V-52**), que correspondem às regiões ao norte da Bacia de Santos, especialmente as regiões que são banhadas pela Corrente do Brasil. A proximidade da costa também influenciou positivamente a frequência de grupos de misticetos, demonstrando a preferência deste grupo por águas da plataforma continental (baleia-jubarte) e talude (outros balaenopterídeos). Com relação às variáveis antrópicas, a frequência de misticetos foi menor com o aumento do tráfego de embarcações da Petrobras e com o aumento dos ruídos na frequência de 125 Hz.

Tabela V-6: *Modelos Generalizados Lineares (GLM) considerando os efeitos de variáveis ambientais e antrópicas no número de detecções de misticetos observados durante o PMC na Baía de Santos.*

Modelo	k	AICc	Delta AICc	Peso AICc
Temp_u + Prof_m + Barcos_p + SPL_125	6	3573,7	0,00	0,76
Temp_u + Sal_m + Prof_m + Barcos_p	6	3577,7	3,98	0,10
Temp_u + Sal_m + Prof_m + SPL_125	6	3578,0	4,25	0,09
Temp_u + Prof_m + Barcos_p + SPL_63	6	3579,6	5,86	0,04
Temp_u + Sal_m + Prof_m + Barcos_t	6	3583,4	9,70	0,01
Temp_u + Sal_m + Prof_m	5	3585,8	12,12	0,00
Temp_u + Sal_m + Prof_m + Barcos_o	6	3587,8	14,04	0,00
Temp_u + Sal_m + Plats	5	3589,3	15,60	0,00
Temp_u + Sal_m + Dist_km	5	3596,2	22,49	0,00
Temp_u + Sal_m + SPL_125	5	3612,0	38,29	0,00

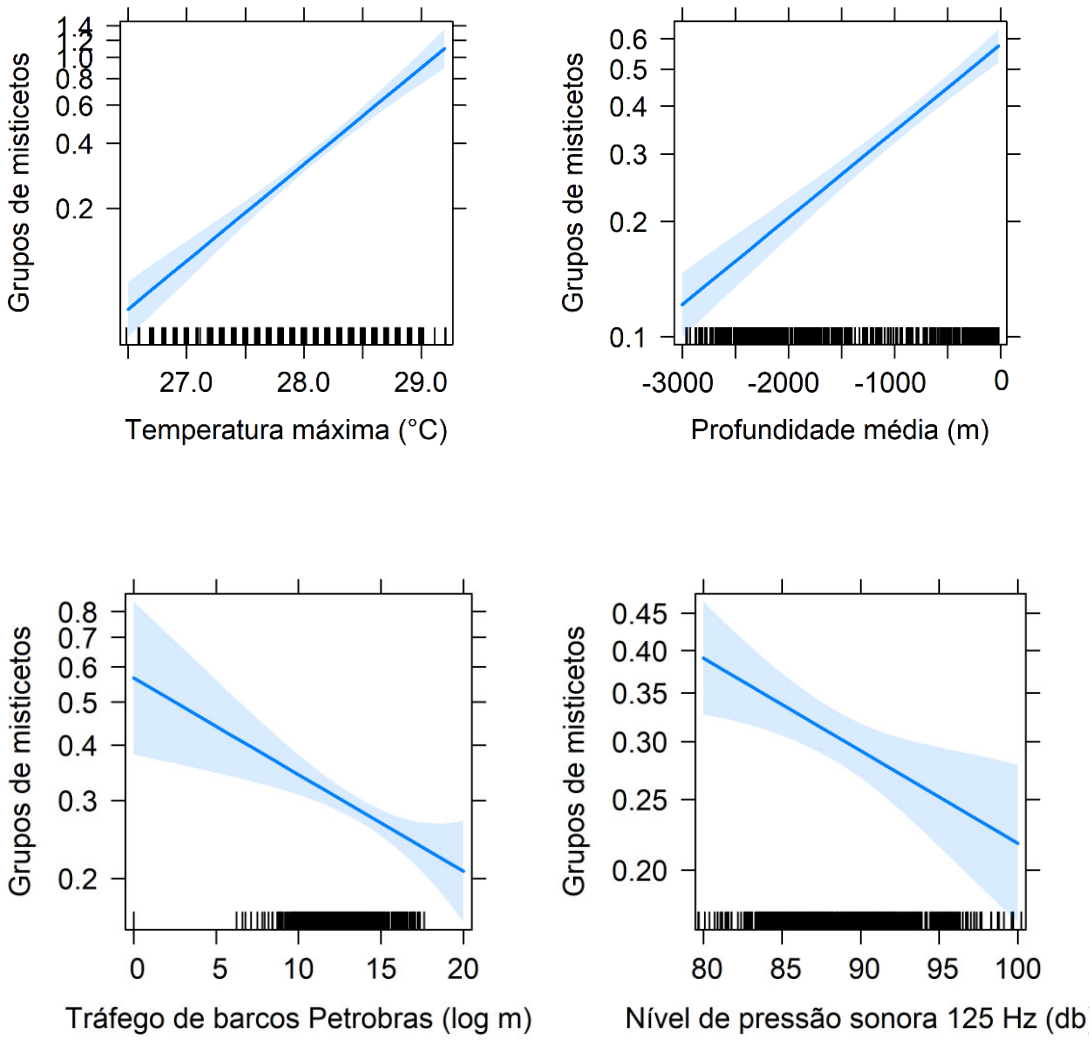


Figura V-51: *Previsões do melhor GLM para o número de detecções de misticetos em blocos de análise na Bacia de Santos durante as Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC.*

As previsões do melhor modelo indicam a plataforma continental e talude do estado do Rio de Janeiro e norte do estado de São Paulo como mais propícios para os misticetos (**Figura V-51**). A importância da temperatura em determinar as regiões reprodutivas da baleia-jubarte é bem documentada, sugerindo-se que as águas quentes favorecem o desenvolvimento dos filhotes e o sucesso reprodutivo (RASMUSSEN et al., 2007). Os desvios residuais do melhor modelo não apresentaram nenhuma tendência espacial aparente (**Figura V-53**).

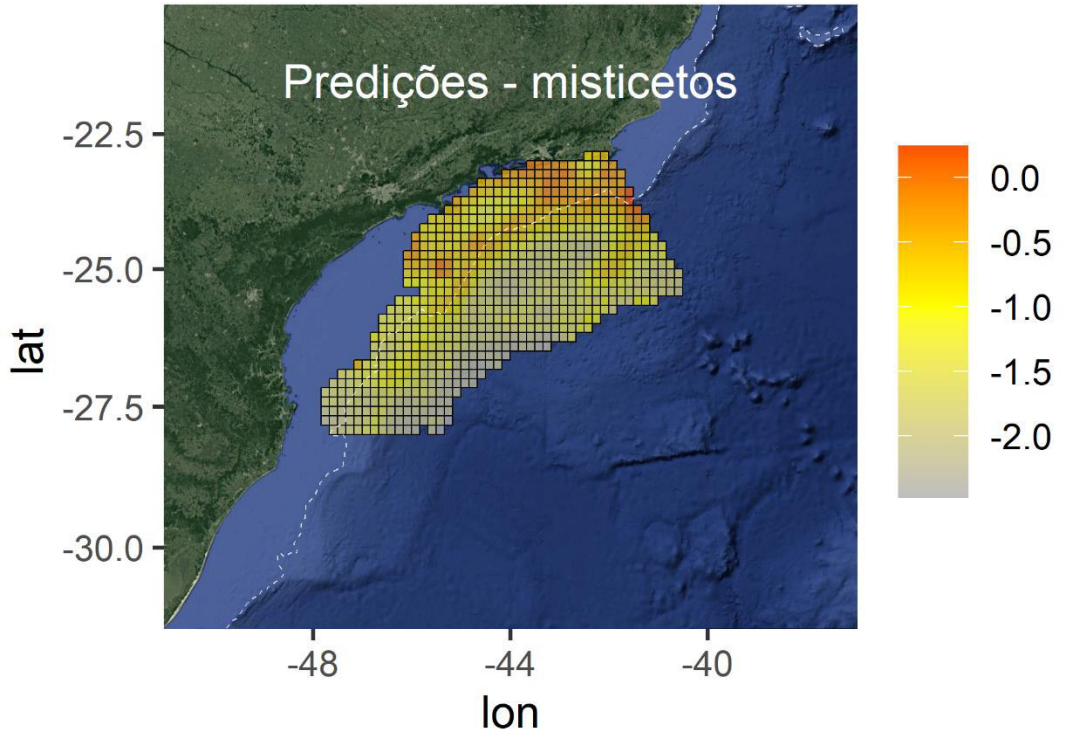


Figura V-52: *Predições do melhor modelo linear generalizado (GLM) para número relativo de detecções de misticetos na Bacia de Santos.*

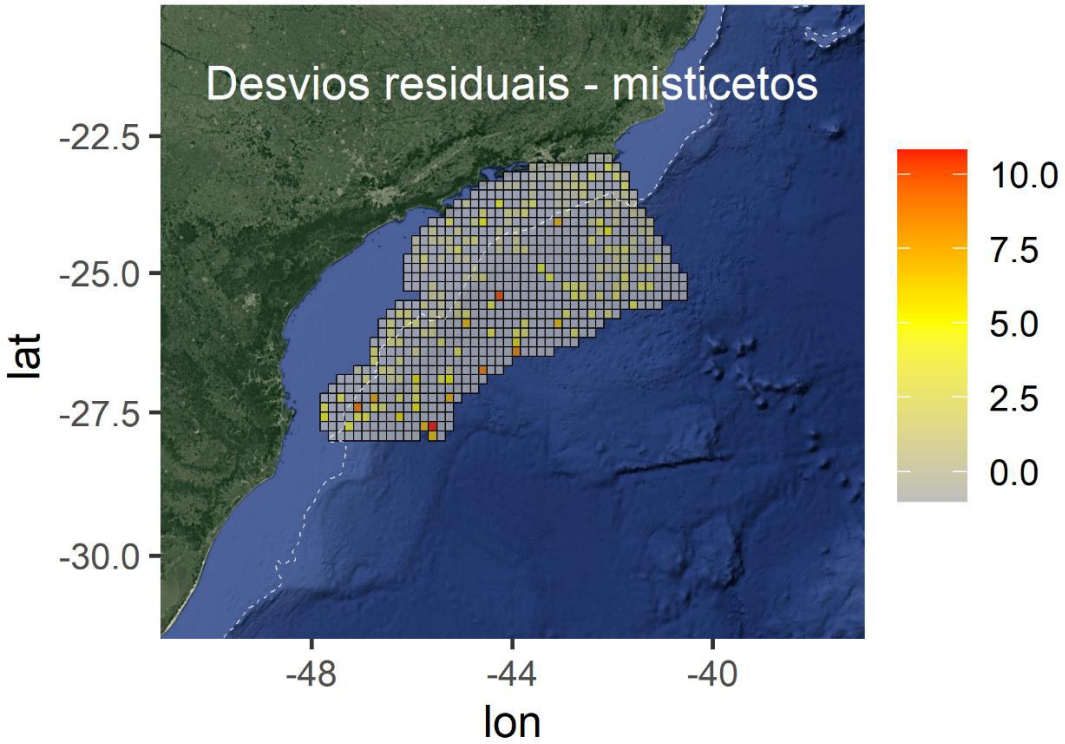


Figura V-53: *Desvios residuais do melhor modelo linear generalizado (GLM) para número de detecções de misticetos na Bacia de Santos.*

V.2.3 Movimentos

V.2.3.1 Movimentos Registrados por Meio de Fotoidentificação

Ao longo dos 10 ciclos do PMC-BS ocorreram reavistagens de 14 espécies de cetáceos na Bacia de Santos: 2 reavistagens de *Balaenoptera borealis*, 1 reavistagem de *Balaenoptera physalus*, 4 de *Balaenoptera brydei*, 1 de *Balaenoptera physalus*, 2 de *Delphinus* sp., 4 de *Feresa attenuata*, 2 de *Grampus griseus*, 2 de *Megaptera novaeangliae*, 2 de *Sotalia guianensis,* 36 de *Steno bredanensis,* 26 de *Tursiops truncatus,* 16 de *Stenella frontalis*, 1 de *Stenella longirostris,* 4 de *Orcinus orca* e 2 grupos com reavistagem de *Peponocephala electra,* um com reavistagem de 26 indivíduos e outro com reavistagem de 17 indivíduos. Assim, o total somou 146 reavistagens de indivíduos. No 4º ano, o número de reavistagens começou a aumentar, em especial no 9º Ciclo, como resultado esperado do incremento dos catálogos, com novas reavistagens ocorrendo no 5º ano. Abaixo, por espécie, são apresentados espacialmente os registros de reavistagens realizadas até o 10º ciclo, entre dados do PMC e entre dados do PMC e de outros catálogos, seguidos de discussões integradas aos dados de telemetria.

V.2.3.2 Movimentos Registrados por Telemetria satelital

Ao longo de todos os 10 ciclos do PMC-BS, foram definidas diferentes programações para os transmissores, considerando conhecimentos existentes na literatura para cada espécie, assim como a experiência adquirida ao longo do processo. Os transmissores foram programados para transmitir durante 12 ou 13 horas por dia, e com um máximo de 450 transmissões por dia, buscando otimizar o uso da bateria para os períodos com melhor cobertura de satélites na região de estudo. As previsões de passagem de satélites foram obtidas na *homepage* do Argos para determinar os melhores horários do dia para transmissão, considerando a passagem dos satélites.

O reduzido tempo de permanência dos cetáceos na superfície da água restringe o número de sinais enviados ao satélite, resultando numa elevada proporção de posições de baixa qualidade ou de qualidade indefinida

(FREITAS et al., 2008). Apenas os pontos resultantes após a filtragem dos dados foram utilizados na plotagem da movimentação dos animais. A distância média percorrida por dia por cada animal foi calculada em km. Para alguns transmissores, os dados foram muito limitados, o que não permitiu análises posteriores. Nesses casos, os transmissores permaneceram um período muito reduzido, o que pode estar relacionado a problemas de instalação, à falha do transmissor ou mesmo à perda precoce ocasionada pelo comportamento dos animais.

Do total de 57 indivíduos marcados com transmissores satelitais, foram obtidas informações de movimentos de 46 indivíduos de 13 espécies de cetáceos ao longo de cinco anos, que permitiram avaliar a movimentação das espécies e uso de habitat na Bacia de Santos (**Tabela V-7 e Tabela V-8)**. Desses, 23 foram sexados geneticamente e um gênero (*Globicephala*) foi identificado em nível de espécie (*G. macrorhynchus*) por meio de amostras coletadas por biópsia para outros indivíduos do mesmo grupo.

Tabela V-7: *Informações sobre os indivíduos marcados com sucesso com transmissores satelitais nas dez Campanhas de Telemetria do PMC-BS. PTT = número de identificação do transmissor no sistema Argos; PT = total de pontos de localização recebido; PF = total de pontos resultante após a filtragem; DP = distância percorrida pelo indivíduo desde a data de marcação até o último ponto registrado, em km; DMD = distância média percorrida por dia em km.* Indica os indivíduos para os quais foram obtidos poucos dados, sendo excluídos das análises posteriores. ** A identificação em nível de espécie foi realizada por meio de genética. Não foi possível realizar a biópsia em alguns indivíduos, o que impossibilitou a sexagem genética.*

PTT	Espécie	$D_{marcação}$	Dias	P_{total}	P_{filtro}	$\%_{pt_filtro}$	D_{total}	$D_{média}$	Sexo
Família Balaenopteridae									
158554	*B. musculus*	13/07/2019	46	743	609	82	4.075,3	88,6	Fêmea
158549	*B. physalus**	27/08/2016	2	7	Sem dados após filtro				--
158553	*B. physalus*	12/07/2019	20	132	77	58,3	2.150,3	107,5	Fêmea
158546	*B. borealis*	25/08/2016	6	87	66	75,9	338,9	56,5	--
162629	*B. borealis*	31/08/2016	7	34	7	20,6	452,9	64,7	Macho
162630	*B. borealis*	01/09/2016	38	409	305	74,6	3.533,1	92,9	--
34638	*B. borealis*	06/08/2018	39	304	192	63,1	2.856,4	73,2	--
34755	*B. borealis*	07/08/2018	12	131	97	74,1	941,6	78,5	--
58003	*B. borealis**	07/08/2018	4	11	Sem dados após filtro				--
58005	*B. borealis*	08/08/2018	59	894	81	9,1	3.742,8	63,4	Macho
158555	*B. borealis*	28/07/2019	46	159	84	52,8	2.874,8	62,5	--
179332	*B. borealis*	28/07/2019	3	26	19	73,1	88,4	29,5	Fêmea
179339	*B. borealis*	28/07/2019	42	594	483	81,3	3.020,8	71,9	--
58007	*B. borealis*	29/07/2019	34	329	248	75,4	2.633	77,4	Macho
179337	*B. borealis*	29/07/2019	33	332	263	79,2	2.505,4	75,9	--
166662	*B. brydei*	25/07/2017	28	107	69	64,5	1.107,1	39,7	--

PTT	Espécie	$D_{marcação}$	Dias	P_{total}	P_{filtro}	$\%_{pt_filtro}$	D_{total}	$D_{média}$	Sexo
34775	*B. brydei*	13/11/2017	2	9	7	77,8	34,3	17,1	Fêmea
58004	*B. brydei*	01/08/2018	4	39	27	69,2	193,8	48,4	Macho
166666	*B. bonaerensis*	13/07/2017	18	174	72	41,4	1.845,9	102,5	Macho
179333	*B. bonaerensis*	13/07/2019	17	199	139	69,8	1.641	96,5	--
158542	*M. novaeangliae*	10/08/2016	19	296	282	95,3	462,1	24,3	Macho
158553	*M. novaeangliae*	20/08/2016	15	187	141	75,4	1.501,2	100,1	--
158554	*M. novaeangliae**	21/08/2016	3	11	7	63,6	38,9	12,9	--
158556	*M. novaeangliae*	02/09/2016	9	66	59	89,4	117,12	13,0	Fêmea
34588	*M. novaeangliae*	20/07/2017	54	697	591	84,8	5.162,7	95,6	Fêmea
34686	*M. novaeangliae*	23/07/2017	36	409	330	80,7	2.753,5	76,5	--
34722	*M. novaeangliae*	26/07/2018	51	631	544	6,2	3.866,9	75,8	Macho
34738	*M. novaeangliae**	29/07/2018	4	12	4	33,3	113,8	28,4	--
Família Physeteridae									
34732	*P. macrocephalus*	20/11/2017	60	368	308	83,7	3.786,1	63,1	--
34746	*P. macrocephalus**	20/11/2017	3	6	2	33,3	4,9	1,6	--
34792	*P. macrocephalus**	20/11/2017	4	22	11	50	301,9	75,5	--
Família Delphinidae									
158547	*O. orca**	30/08/2016	3	36	30	83,3	147,3	49,1	Macho
162628	*O. orca*	30/08/2016	13	170	145	85,3	682,4	52,5	Macho
162633	*O. orca*	30/07/2017	33	555	490	88,3	2.692,5	81,6	Macho
58014	*O. orca*	06/08/2018	11	149	105	70,5	634,5	57,7	--
58013	*O. orca*	07/08/2018	14	200	167	83,5	634,8	45,3	Macho
58016	*G. macrorhynchus*	24/01/2019	32	467	335	71,7	2.746,1	85,8	--
179341	*G. macrorhynchus*	13/07/2019	9	88	63	71,6	441,4	49.5	Macho

PTT	Espécie	$D_{marcação}$	Dias	P_{total}	P_{filtro}	$\%_{pt_filtro}$	D_{total}	$D_{média}$	Sexo
179340	*G. macrorhynchus*	13/07/2019	25	269	210	78,1	1.522,1	60,9	Macho
34756	*P. electra*	06/04/2018	6	40	19	47,5	238,8	39,8	--
34773	*P. electra*	06/04/2018	7	55	13	23,6	267,5	38,2	--
58010	*G. griseus*	08/02/2019	6	76	57	75	268,6	44,8	--
58015	*S. bredanensis*	31/07/2018	7	114	57	50	1.000,1	142,9	Macho
158551	*T. truncatus*	25/02/2016	8	68	54	79,4	503,2	62,9	--
158544	*T. truncatus*	17/03/2016	13	108	89	82,4	918,9	70,7	--
162631	*T. truncatus**	06/09/2016	4	9	3	33,3	64,72	16,2	--
162634	*T. truncatus**	14/02/2017	4	44	24	54,5	158,7	39,7	Fêmea
162632	*T. truncatus*	24/02/2017	7	74	56	75,7	515,7	73,7	Fêmea
162637	*T. truncatus*	24/02/2017	10	125	105	84	665,9	66,6	--
166663	*T. truncatus*	20/07/2017	14	120	94	78,3	565,9	40,4	--
166665	*T. truncatus*	30/03/2018	12	39	19	48,7	361,4	30,1	--
34751	*T. truncatus*	30/03/2018	20	316	264	83,5	1.357,5	68,9	--
34754	*T. truncatus**	03/04/2018	2	11	5	45,4	14,1	7,1	--
58017	*T. truncatus*	28/07/2018	12	195	154	78,9	1.237,7	103,1	--
162636	*T. truncatus*	28/07/2018	15	205	114	55,6	1.810,1	120,7	--
58008	*T. truncatus*	28/01/2020	7	93	70	75,3	474,5	67,8	--
58009	*T. truncatus**	23/01/2020	1	3	Sem dados após filtro				Fêmea

Tabela V-8: *Características dos movimentos e uso de habitat das espécies marcadas com transmissores satelitais ao longo dos cinco anos de PMC-BS, considerando os indivíduos para os quais foram obtidas informações. Média ± Desvio padrão (Mínimo – Máximo). Faixa latitudinal mínimo e máximo em graus decimais.*

Espécie	Nº tags	Posições	Dias de transmissão	Distância média percorrida (km/dia)	Faixa latitudinal (graus decimais)	Profundidade (m)
Balaenoptera musculus	1	609	46	88,4	27,3º – 45,2ºS	3.091,6 ± 1.877,8 (188 - 5.864)
Balaenoptera physalus	2	139	11 ± 12,7 (2 – 20)	107,5	27,7º – 39,3ºS	2.927,8 ± 1.551,2 (404 – 4.983)
Balaenoptera borealis	12	3.310	26,9 ± 19,37 (4 – 59)	67,8 ± 16,1 (29,5 – 92,9)	19,1º – 34,3ºS	1.048 ± 1.147,7 (29 – 4.500)
Balaenoptera brydei	3	103	11,3 ± 14,5 (2 – 28)	35,1 ± 16,1 (17,1 – 48,4)	22,6º - 25,6°S	225,4 ± 261,2 (5 – 699)
Balaenoptera bonaerensis	2	211	17,5 ± 0,71 (17 – 18)	99,5 ± 4,2 (96,5 – 102,5)	12,9º - 35,4°S	1.242,6 ± 1.115,8 (76 – 4.278)
Megaptera novaeangliae	8	1.958	25,4 ± 19,2 (3 – 54)	53,3 ± 37,3 (13 – 100,1)	18,2º - 53,1°S	1.734,6 ± 2.097,8 (5 – 5.768)
Physeter macrocephalus	3	319	22,3 ± 32,6 3 e 60	46,7 ± 39,6 (1,6 – 75,5)	27,4º - 32,6°S	1.572,4 ± 444,8 (641 – 2.897)
Orcinus orca	5	937	14,8 ± 11,1 (3 – 33)	57,2 ± 14,4 (45,3 – 81,6)	25,2 - 36,3°S	1.85,7 ± 181,5 (1 – 1.141)
Globicephala macrorhynchus	3	608	22 ± 11,8 (9 – 32)	65,4 ± 18,6 (49,5 – 85,8)	20,8º - 28,3ºS	1.500,7 ± 3.755 (534 – 3.755)
Peponocephala electra	2	32	6 e 7	39 (38,2 – 39,8)	24,2º - 25,0°S	1.834 ± 285,8 (1.266 – 2.276)
Grampus griseus	1	57	6	44,8	27,5º - 28,8°S	979,4 ± 270,9 (485 – 1.554)

Espécie	Nº tags	Posições	Dias de transmissão	Distância média percorrida (km/dia)	Faixa latitudinal (graus decimais)	Profundidade (m)
Steno bredanensis	1	57	7	142,9	22,9º - 23,9°S	--
Tursiops truncatus	13	1.178	9,2 ± 5,5 (1 – 20)	59,1 ± 32,2 (7,1 – 120,7)	20,8º - 31,0°S	41 ± 52 (1 – 930)
TOTAL	**56**	**5.460**	**1.013**	**--**	-	-

Movimentos de Balaenoptera musculus

Uma fêmea de baleia-azul foi marcada com um transmissor na configuração implantável (PTT 158554) em 13/07/2019 na Campanha de Telemetria 9. A marcação foi realizada no extremo sul da Bacia de Santos e nos dias subsequentes o indivíduo iniciou um movimento migratório no sentido sul, chegando nas proximidades das ilhas Sanduíche do Sul. O monitoramento se estendeu por 46 dias, período no qual o animal se manteve em águas oceânicas, afastado do talude, percorrendo 4.075,3 km, com média de 88,6 km/dia (**Figura V-54)**.

A baleia-azul apresenta grande variabilidade nos seus padrões migratórios. No leste do Atlântico Norte, a espécie se alimenta em latitudes intermediárias permanecendo longos períodos na região do Arquipélago de Açores (VISSER et al., 2011; SILVA et al., 2013). No norte do Oceano Índico ocorre uma população residente (RANDAGE et al., 2014). A costa do Chile, no Pacífico Sul é uma região de alimentação e cuidado parental (HUCKE-GAETE et al., 2004), enquanto a área reprodutiva desta população é o Arquipélago de Galápagos (HUCKE-GAETE et al., 2018). Contudo, para muitas populações, não há informação alguma sobre sazonalidade, rotas migratórias e locais de reprodução, como é o caso do Atlântico Sul ocidental.

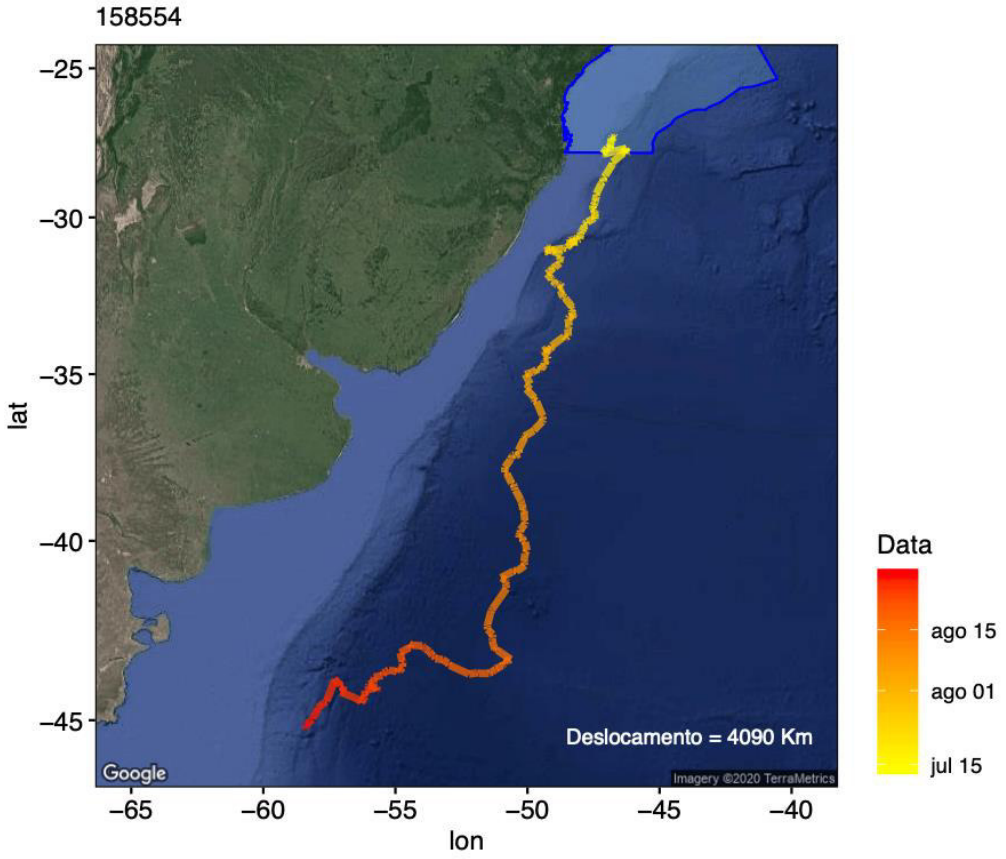


Figura V-54: *Movimentos de* ***Balaenoptera musculus*** *na Bacia de Santos obtidos de um indivíduo marcado com transmissor satelital em 2019.*

Os dados obtidos por meio desta marcação constituem as primeiras informações sobre um possível movimento migratório de baleias-azuis no Atlântico Sul e sugerem a ocorrência do comportamento migratório padrão da maioria dos misticetos. Contudo, o movimento em direção ao sul ocorreu ainda no início do inverno, o que seria precoce considerando o padrão geralmente observado em outras espéciesmais conhecidas que migram para altas latitudes na primavera/verão. Somente o aumento no número de animais marcados possibilitará a obtenção de um cenário mais claro sobre a migração desta espécie na Bacia de Santos.

Movimentos de Balaenoptera physalus

Um indivíduo de *Balaenoptera physalus* foi fotoidentificado em dias subsequentes ao longo da 4ª Campanha de Telemetria (**Figura V-55**). Entre avistagens, o indivíduo fez um deslocamento ao norte de aproximadamente 100 km acompanhando a linha do talude. Este deslocamento de 100 km de um dia para o outro seguindo a linha do talude sugere uma possível atividade de forrageio deste indivíduo.

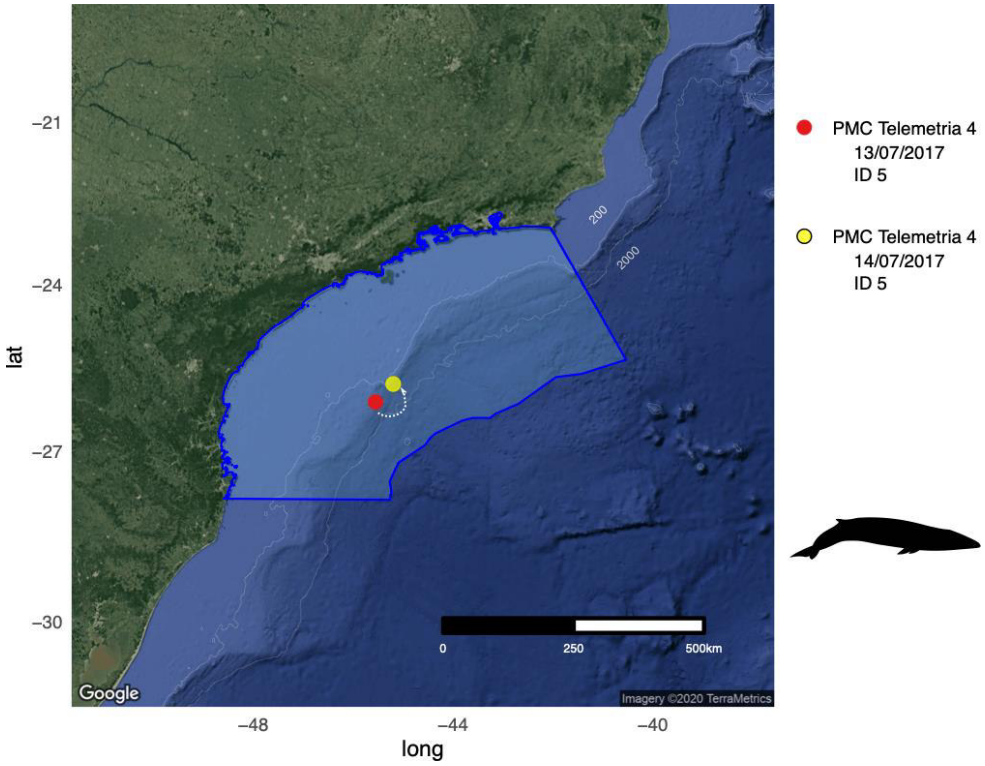


Figura V-55: *Localização da única reavistagem de* ***Balaenoptera physalus****, e representação da direção do movimento entre registros.*

Dois indivíduos de *Balaenoptera physalus* foram marcados com transmissor satelital na configuração implantável. No entanto, apenas o segundo (PTT 158553), implantado em 12/07/2019 na Campanha de Telemetria 9, permitiu a obtenção de dados de movimento de uma fêmea, permanecendo em funcionamento por 20 dias. Essa baleia-fin foi marcada no extremo sul da Bacia de Santos no inverno, seguindo no sentido sul/sudeste logo após a marcação, afastando-se do continente. Percorreu 2.150,3 km,

numa média de deslocamento diário de 107,5 km (**Figura V-56**). Embora a transmissão tenha finalizado em meio ao Atlântico, o animal estava na longitude das Ilhas Geórgia do Sul, o que sugere um possível direcionamento para esta região, conhecida como área de alimentação de outros balenopterídeos (ROSSI-SANTOS et al., 2007; ENGEL; MARTIN, 2009).

A baleia-fin está presente em todos os oceanos do mundo, principalmente entre latitudes médias e altas (REILLY et al., 2013). A espécie foi explorada comercialmente no século XX, e estima-se que mais de 725.000 indivíduos foram capturados no Hemisfério Sul, ocasionando um severo declínio populacional. No Atlântico Sul Ocidental, o maior número de capturas ocorreu na região de Cabo Frio, Rio de Janeiro, em comparação com a estação baleeira de Costinha, na Paraíba (ZERBINI et al., 1997). Levantamentos realizados nessa antiga área de caça, no período de 1998 a 2001, não registraram nenhum indivíduo da espécie (ANDRIOLO et al., 2010). Cruzeiros realizados na região do talude da Bacia de Santos nos anos de 2009 a 2014 registraram somente dois indivíduos no outono (DI TULLIO et al., 2016). São raros os encalhes da espécie no sudeste e sul do Brasil, com oito registros documentados até o momento (MILMANN et al., 2020).

A baleia-fin parece não seguir o padrão migratório tradicional de muitos balenopterídeos; algumas populações podem permanecer em grandes latitudes durante os meses frios e em baixas latitudes (entre 20º e 30º) durante os meses quentes (EDWARDS et al., 2015), como ocorre no Mediterrâneo (DI SCIARA et al., 2013) e no Golfo da Califórnia (TERSHY et al., 2005), por exemplo. Contudo, as informações sobre áreas de alimentação, reprodução e movimentos migratórios são escassas para o Hemisfério Sul (MIZROCH et al., 1984). Baleias-fin marcadas com transmissor satelital na costa do Chile permaneceram em águas costeiras, entre as latitudes de 27 a 37º S, durante o verão e no início do outono, não realizando os movimentos migratórios padrão esperados para o período primavera/verão (SEPULVEDA et al., 2018). O único indivíduo que apresentou um movimento migratório consistente naquele estudo foi um macho, que se deslocou no sentido sul ao final de maio (SEPULVEDA et al., 2018).

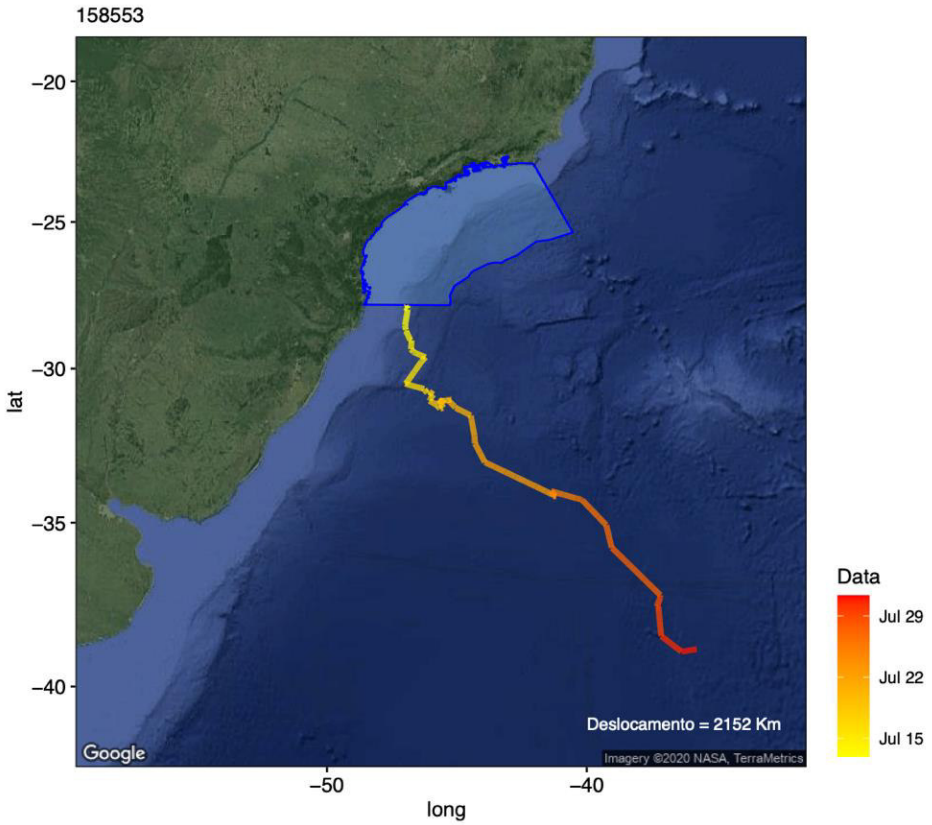


Figura V-56: *Movimentos de* ***Balaenoptera physalus*** *na Bacia de Santos obtidos de um indivíduo marcado com transmissor satelital em 2019.*

Movimentos de Balaenoptera borealis

A comparação do catálogo de *Balaenoptera borealis* do PMC com o catálogo das Ilhas Falklands (Responsável pela comparação: Dra. Caroline Weis, *Falklands Conservation*) permitiu a identificação de uma reavistagem. O indivíduo 13# do PMC, registrado em 25/08/2016, foi observado nas Ilhas Falklands em 19/02/2017, representando um deslocamento linear de aproximadamente 3500 km (**Figura V-57;** WEIR et al., 2020). Uma segunda reavistagem de *Balaenoptera borealis*, o indivíduo 27#, foi registrado ao longo de três dias subsequentes, 06/08/2018 a 08/08/2018 (**Figura V-57**). O registro ocorreu na região do talude e coincide com a área de maior número de registros da espécie pelo PMC.

No total, as marcações incluíram 12 baleias-sei (*Balaenoptera borealis*), sendo todas realizadas no inverno (**Figura V-58**). Onze indivíduos foram marcados com transmissores na configuração LIMPET e um na configuração

implantável (**Figura V-58)**. Foi possível fazer a sexagem genética de quatro indivíduos, sendo três machos e uma fêmea. A duração média do monitoramento foi de 26 dias (± 18 dias), com um mínimo de três e um máximo de 59 dias.

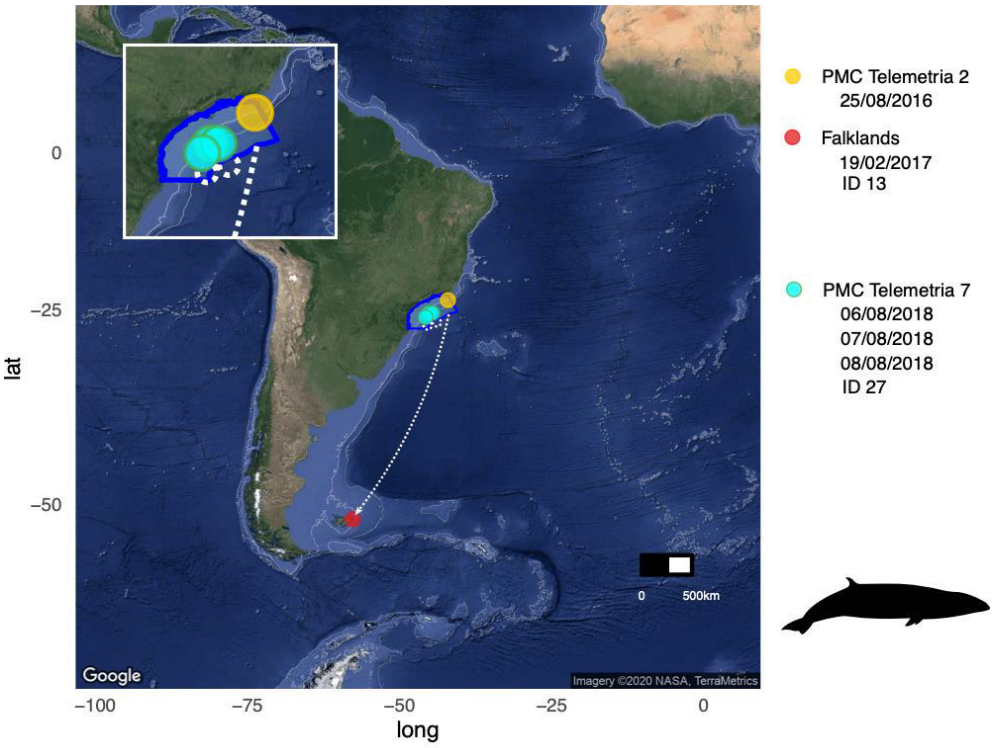


Figura V-57: *Mapa com a localização das duas reavistagens de* ***Balaenoptera borealis****, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom nas reavistagens na Bacia de Santos.*

Considerando somente os indivíduos monitorados por mais de 30 dias (n = 7), a distância média percorrida foi de 3.023,7 km (± 456,1). Observou-se que sete indivíduos se deslocaram no sentido sul, sugerindo uma migração para altas latitudes (PTTs 34638, 162629, 162630, 58005, 158555, 179339 e 179337), iniciado entre o final de agosto e o final de setembro. Dois indivíduos (PTTs 34755 e 58007) se deslocaram no sentido contrário, sendo que o PTT 58007, um macho, foi monitorado até chegar ao norte da Cadeia Vitória-Trindade. Este movimento no sentido norte foi registrado em ambos os casos na primeira quinzena de agosto (**Figura V-58)**.

Para os outros dois indivíduos, o tempo reduzido de permanência dos transmissores não permitiu identificar padrão algum de movimentação (PTTs 158546, 58003 e 179332); estes indivíduos permaneceram todo o período de monitoramento na região do talude da Bacia de Santos. Os dados aqui reunidos sugerem que a região é estratégica para a espécie, tanto pelo tempo de permanência dos indivíduos, como por estar inserida na sua rota migratória. Em duas oportunidades entre o final de agosto e início de outubro de 2017, durante a 5º Campanha de Avistagem e MAP, houve registros de filhotes, o que sugere a possibilidade de a Bacia de Santos estar sendo utilizada também para reprodução.

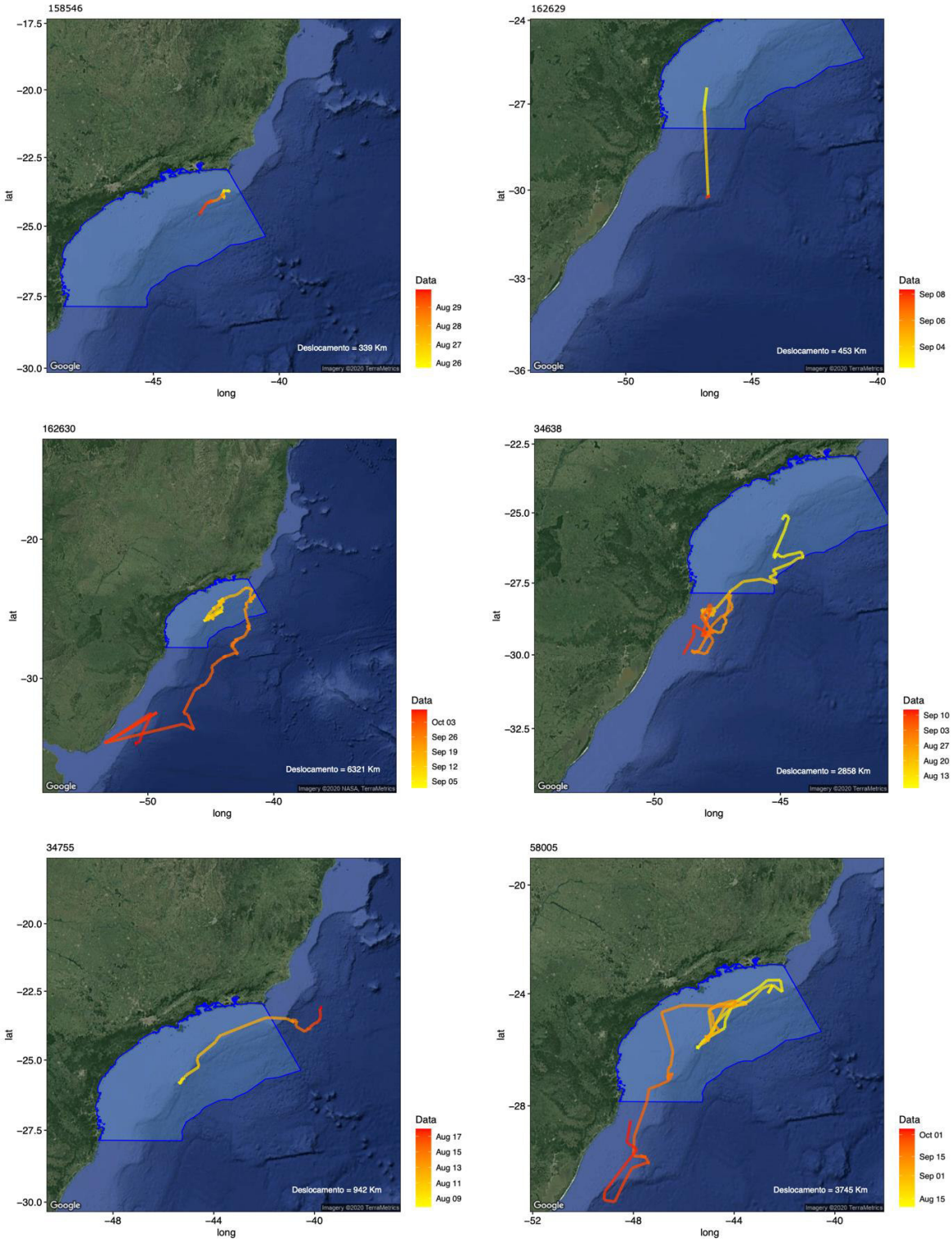


Figura V-58: *Movimentos de **Balaenoptera borealis** na Bacia de Santos obtidos de seis indivíduos marcados com transmissores satelitais e monitorados durante o inverno dos anos de 2016, 2018 e 2019.*

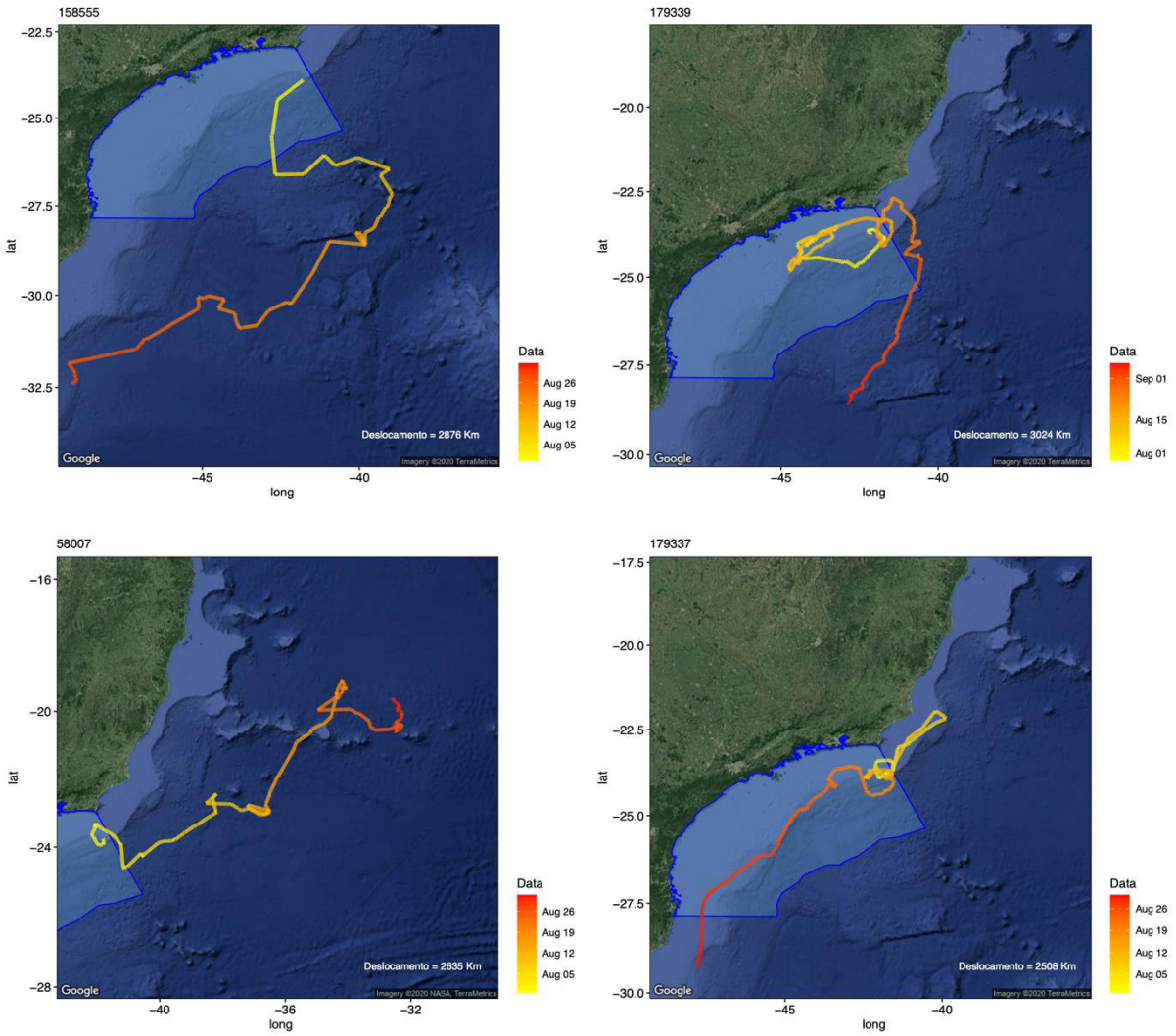


Figura V-58 (continuação): *Movimentos de* ***Balaenoptera borealis*** *na Bacia de Santos obtidos de quatro indivíduos marcados com transmissores satelitais e monitorados durante o inverno dos anos de 2016, 2018 e 2019.*

A baleia-sei é tipicamente oceânica (OLSEN et al., 2009) e realiza migrações latitudinais, como a maioria dos misticetos (WEIR et al., 2001; JEFFERSON et al., 2015), permanecendo no verão em altas latitudes para alimentação e no inverno em baixas latitudes para reprodução (HORWOOD, 1987). Enquanto as áreas de alimentação são bem conhecidas, são escassas as informações sobre as áreas de reprodução (PRIETO, 2014). A espécie costuma ocupar a região oceânica, mas pode se aproximar da costa para se alimentar (SHILLING et al., 1992). O único trabalho realizado até o momento

usando telemetria satelital com essa espécie ocorreu no Atlântico Norte e registrou uma migração de 4.102 km de distância na primavera, entre a Ilha Faial (Açores) e as águas produtivas do mar de Labrador, num intervalo de 43 dias (OLSEN et al., 2009). A distribuição das baleias-sei está estreitamente associada a características oceanográficas, tanto físicas como biológicas, durante a sua migração para as latitudes maiores (OLSEN et al., 2009).

No entanto, pouco se sabe sobre rotas e padrões migratórias para a espécie. Os registros existentes são geralmente procedentes das atividades de caça, e não há registros pretéritos de movimentos ao longo do Atlântico Sul. No Brasil, a presença da baleia-sei é considerada ocasional. Contudo, a espécie foi a mais capturada na estação baleeira de Costinha, na Paraíba (PAIVA; GRANGEIRO, 1965). Levantamentos realizados nessa antiga área de caça, entre 1998 a 2001, observaram apenas dois indivíduos (ANDRIOLO et al., 2010). DI TULLIO et al. (2016) registraram apenas um indivíduo na região sul, na primavera, após realizarem oito cruzeiros na região do talude continental entre os anos de 2009 e 2014, ao longo das regiões sudeste e sul do Brasil. No Golfo de São Jorge, na Patagônia, Argentina, 72 baleias-sei foram registradas entre os anos de 2004 e 2008, sempre nos períodos de fevereiro a maio e agosto a outubro (INIGUEZ et al., 2010).

A espécie sofreu uma redução significativa, com a população original estimada em 100.000 indivíduos em 1930, sendo reduzida para aproximadamente 16.000 indivíduos em 1979 (HORWOOD, 1987). No Atlântico Sul Ocidental, os encalhes da espécie foram registrados entre o norte do Suriname e o sul da Argentina, em todas as estações, mas houve apenas um encalhe de filhote no final do outono no Uruguai (MILMANN et al., 2020). Heissler et al. (2016) fizeram o registro de baleias-sei na região do Arquipélago de Trindade e Martin Vaz, incluindo três grupos com filhotes entre maio e junho de 2015. Embora escassos, estes dados sugerem que as águas entre Brasil e Uruguai sejam utilizadas pelas baleias-sei para fins reprodutivos. Como a espécie se alimenta de um grande número de presas (KAWAMURA, 1980), é possível que ela se alimente no sudeste e sul do Brasil durante o inverno, quando as águas se tornam mais produtivas (ODEBRECHT; CASTELLO, 2001).

Todos os indivíduos foram marcados e monitorados no inverno, entre os meses de julho e setembro — os registros de reavistagem de fotoidentificação do PMC-BS também foram realizados nesses meses. Alguns indivíduos apresentaram movimentos muito definidos, alguns em direção ao norte (região do Arquipélago de Trindade e Martin Vaz) e outros em direção ao sul, chegando até as águas do Uruguai. Os movimentos registrados em sentido sul coincidem com o período de maior número de registros na Argentina (INIGUEZ et al., 2010). Além disso, longos períodos de permanência na região do talude da Bacia de Santos foram observados em alguns casos. Como acima mencionado, embora não tenham ocorrido registros de filhotes no PMC-BS, os dados de literatura sugerem que o sudeste do Brasil, incluindo a Bacia de Santos, possa ser uma área de reprodução. Interessantemente, os dados de DTAG obtidos pelo PMC-BS sugerem também a ocorrência de comportamentos de alimentação na Bacia de Santos.

Os dados aqui apresentados são muito relevantes, dada a escassez de informações sobre a espécie no Atlântico Sul, e contribuem significativamente para compreender o ciclo de vida desta espécie. Além disso, o uso de telemetria via satélite (PRIETO et al., 2014) para descrever padrões de deslocamento desta espécie ainda é incipiente. A reavistagem de um indivíduo identificado pelo PMC nas Ilhas Falklands representa o maior movimento linear já registrado para um único indivíduo da espécie e sugere o uso de águas de baixa latitude durante o inverno e alta latitude no verão (WEIR et al., 2020).

Movimentos de Balaenoptera brydei

Até o 3º ano foram realizadas duas reavistagens de *Balaenoptera brydei* pelo PMC-BS e uma via comparação de catálogos (**Figura V-59**). O indivíduo 03# foi observado primeiramente no dia 08/03/2016 nas proximidades do talude e 13 meses depois foi observado 500 km ao sul, também nas proximidades do talude, em 14/04/2017. O indivíduo 09# também foi observado em duas oportunidades, porém em áreas costeiras, nas proximidades de Ilhabela (SP), com um intervalo de 5 meses entre cada observação, uma ocorrendo no verão e outra no inverno. A 3º reavistagem foi realizada

comparando os catálogos do PMC-BS e do Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro (PBGRJ). O indivíduo 15#, registrado primeiramente na 5ª Campanha de Telemetria nas proximidades de Ilha Grande (RJ), foi observado em outras 13 oportunidades na mesma área pelo PBGRJ. No 4º ano, na 8ª Campanha de Telemetria, o indivíduo 16# foi reavistado nas proximidades de Ilhabela (SP). Este mesmo indivíduo foi registrado na 5ª Campanha de Telemetria nas proximidades de Ilha Grande (RJ; **Figura V-59**).

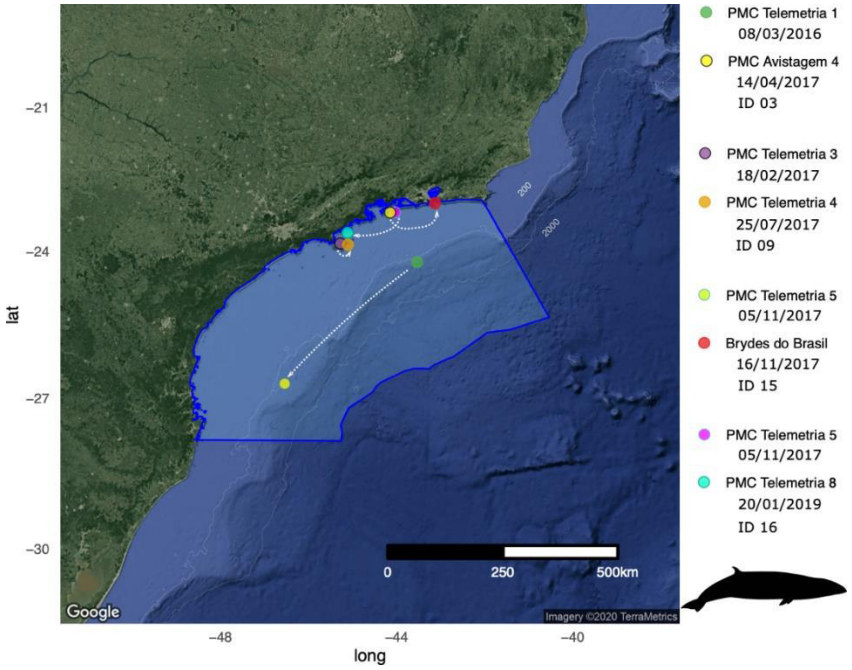


Figura V-59: *Mapa com a localização das 4 reavistagens de* ***Balaenoptera brydei****, e representação da direção do movimento entre registros.*

Três baleias-de-Bryde foram marcadas com transmissores na configuração Limpet, todas no inverno, não havendo nenhuma nova marcação nos últimos ciclos do PMC-BS. Dois indivíduos foram sexados geneticamente (PTTs 34775 e 58004). O primeiro indivíduo foi marcado em 25/07/2017, próximo a Ilhabela (SP) (PTT 166662) e corresponde ao indivíduo 09#, fotoidentificado em 18/02/2017 e reavistado no dia da marcação. Esta baleia tinha uma cicatriz profunda no dorso, provavelmente originada pela colisão com um navio de grande porte. Foi o monitoramento mais longo obtido para a espécie até o momento, totalizando 28 dias de transmissão de dados, entre o

final de julho e o final de agosto (inverno). Neste período, o animal percorreu 1.107 km, com uma média de 39,7 km/dia (**Figura V-60**), permanecendo por 12 dias junto à Baía de Castelhanos, na Ilha de São Sebastião, deslocando-se depois pela plataforma continental, e atingindo regiões de maior profundidade (até mais de 600 metros de profundidade) e afastadas da costa (quase 130 m; **Figura V-60**), mas permanecendo na Bacia de Santos durante todo o período. Em 13/11/2017 uma fêmea foi marcada e transmitiu apenas durante 2 dias, percorrendo 34 km nas proximidades de Cabo Frio. Após a filtragem dos dados, nenhuma posição foi mantida. O terceiro indivíduo era um macho (PTT 58004) e foi marcado em 01/08/2018 na região do talude. Ele percorreu 193,8 km ao longo de quatro dias entre as latitudes 23,6º e 24,1º S, com uma média de 48,4 km/dia, e se manteve no talude.

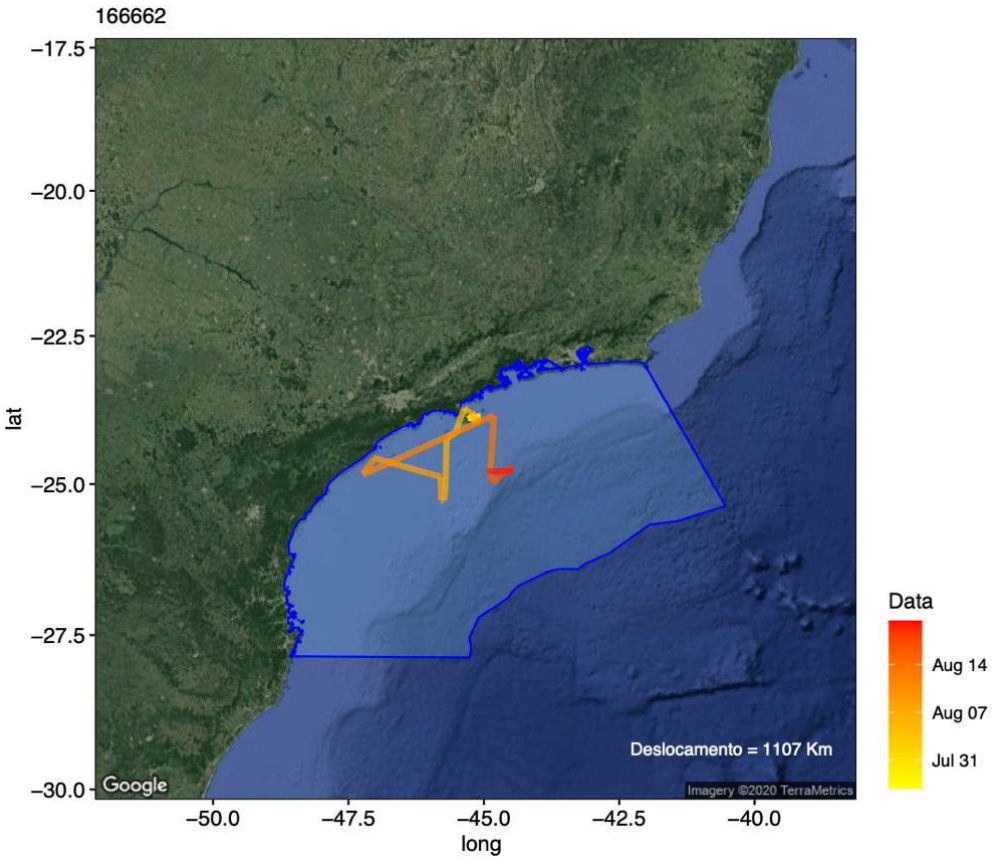


Figura V-60: *Movimentos de um indivíduo de* ***Balaenoptera brydei*** *na Bacia de Santos marcado com transmissor satelital em 2017.*

A baleia-de-Bryde não é uma espécie migratória e as evidências indicam que ela permanece entre as águas tropicais e temperadas ao longo do ano (KATO & PERRIN, 2009). A espécie já foi registrada na costa sul, sudeste e nordeste do Brasil, e há evidências de que as águas brasileiras sejam utilizadas tanto para reprodução como para alimentação (SICILIANO et al., 2004; LIMA et al., 2006; ANDRIOLO et al., 2010; ATHAYDE et al., 2020). Em Costinha, Paraíba, a espécie foi alvo da caça entre os anos 1940 e 1970 (DA ROCHA, 1984), embora não fosse considerada abundante nessa região. Registros mais recentes na costa nordeste são raros e reportam animais tanto na região costeira como oceânica (ANDRIOLO et al., 2010).

Em cruzeiros realizados no talude das regiões sul e sudeste, a espécie foi frequente no sudeste (DI TULLIO et al., 2006). A utilização de áreas costeiras na região do Rio de Janeiro e de Cabo Frio em meses quentes já foi documentada para a espécie, indicando um padrão de fidelidade. É comum observar o comportamento de forrageio nesta área de alta produtividade (LODI et al., 2015). No litoral de São Paulo, a baleia-de-Bryde tem sido registrada ao longo de todo o ano, mas com maior frequência entre a primavera e o verão (ATHAYDE et al., 2020). Movimentos para áreas costeiras devem ser motivados por movimentos de presas pelágicas (TERSHY et al., 1993), como sardinhas, *Sardinella brasiliensis,* que durante o verão e outono se aproximam da costa para desovar (PAIVA; MOTTA, 2000). MILMANN et al. (2020), reunindo as informações de encalhes, relatam que 60,2% desses movimentos ocorreram entre Quissamã, no Rio de Janeiro (22,17ºS), e Guaratuba, no Paraná (25,88ºS), com registros em todas as estações do ano, incluindo filhotes e adultos. As três reavistagens do PMC-BS em áreas costeiras foram realizadas no início do inverno, quando a área começa a ser menos utilizada, ou final da primavera, quando começa a ser reutilizada, como observado por MACIEL et al. (2016).

O movimento do indivíduo fotoidentificado 03# coincide com o movimento do animal marcado com *tag* satelital PTT 58004, ou seja, de deslocamento ao longo do talude. Considerando que os registros ocorreram em períodos bem distintos do ano, sugere-se que a espécie possa permanecer no talude ao longo do ano e que também utilize a região para alimentação (semelhante ao

que foi registrado pelo PMC-BS para outros balenopterídeos com dados de DTAG). Contudo, até o momento, tais registros são limitados, pois a transmissão ocorreu ao longo de apenas quatro dias.

Movimentos de Balaenoptera bonaerensis

Duas baleias-minke-Antártica foram marcadas com transmissor satelital na configuração Limpet, sendo um macho em 13/07/2017 (PTT 166666), na Campanha de Telemetria 4, e um segundo de sexo não identificado em 13/07/2019 (PTT 179333), na Campanha de Telemetria 9. Embora tenham sido marcados na mesma data, mas em anos distintos, os indivíduos seguiram sentidos opostos, ultrapassando os limites da Bacia de Santos. O PTT 166666 estava acompanhado de uma fêmea com filhote e seguiu para o norte, chegando à latitude de 12,9º S após 18 dias de monitoramento, enquanto o PTT 179333 seguiu para o sul, chegando à latitude de 35,4º S após 17 dias de monitoramento. O movimento de ambos indica um comportamento migratório (**Figura V-61**). Não houve nenhuma reavistagem de fotoidentificação desta espécie até o momento.

A baleia-minke-Antártica está distribuída no Hemisfério Sul, e a região nordeste do Brasil é considerada uma área reprodutiva da espécie (LUCENA, 2006; ANDRIOLO et al., 2010). Em Costinha, na Paraíba, cerca de 10.886 indivíduos foram capturados entre os anos 1960 e 1980, antes da moratória de caça (LUCENA, 2006). Nessa região, a espécie foi registrada em águas oceânicas, entre 200 e 4.675 m de profundidade, com maior concentração em torno de 1.000 m de profundidade e nos meses de agosto a outubro (ANDRIOLO et al., 2010). A espécie também já foi registrada na região norte do Brasil (Pará) (BALENSIEFER et al., 2014). No talude da região sul e sudeste, a espécie foi registrada em todas as estações, embora tenha sido rara (DI TULLIO et al., 2016).

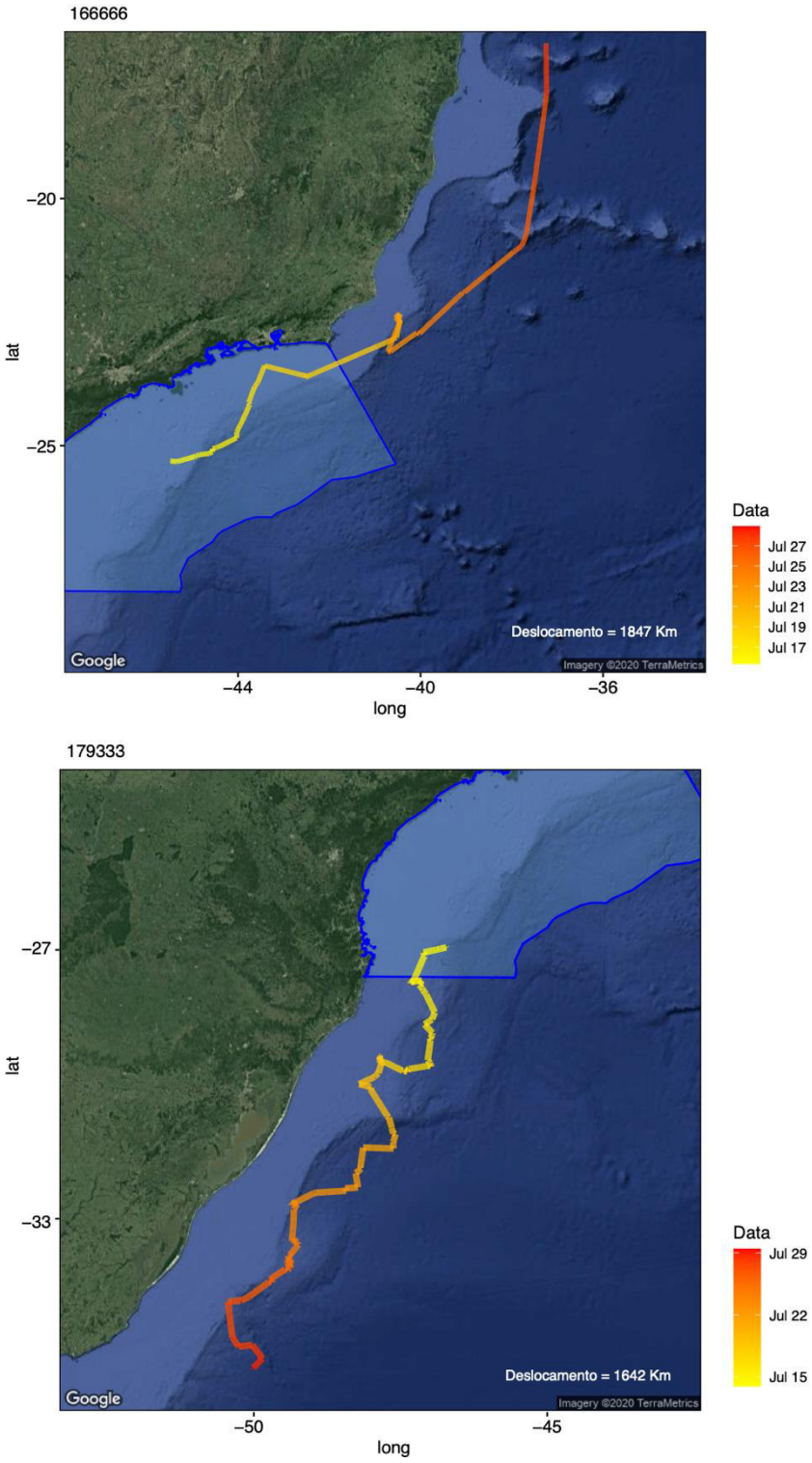


Figura V-61: *Movimentos de* ***Balaenoptera bonaerensis*** *na Bacia de Santos obtidos de dois indivíduos marcados com transmissor satelital em 2017 e 2019.*

O reduzido número de filhotes e fêmeas prenhes ou amamentando na costa nordeste sugere que a região é utilizada apenas para o acasalamento, com os nascimentos ocorrendo em latitudes maiores (LUCENA, 2006). O movimento do indivíduo PTT 166666 seguiu o padrão esperado, pois ao final de julho estava em águas oceânicas ao largo do estado da Bahia. Contudo, o movimento do PTT 179333 não seguiu o padrão esperado, deslocando-se ao sul, até as proximidades do estuário do Prata. Uma revisão dos encalhes de Balaenopteridae apresentada por MILMANN et al. (2020) sugere que as regiões sudeste e sul do Brasil possam ser uma possível área de nascimentos para a baleia-minke-Antártica. PEREZ et al. (2017) reportam o encalhe de dois juvenis na costa do Uruguai no mês de outubro, enquanto ZERBINI & CASTELLO (2003) resgataram o registro histórico de um adulto no estuário do Prata, ocorrido no mês de fevereiro. Não há dados publicados até o momento sobre os movimentos da espécie no Atlântico Sul. Essas foram as primeiras marcações da espécie com transmissor satelital fora das áreas de alimentação. Há necessidade de um número maior de indivíduos marcados para permitir uma compreensão mais acurada sobre os movimentos da espécie.

Movimentos de Megaptera novaeangliae

A comparação do catálogo de *Megaptera novaeangliae* do PMC-BS com o catálogo do Instituto Baleia Jubarte (IBJ) permitiu a identificação de uma reavistagem. O indivíduo 15# do PMC-BS, registrado em 02/09/2016 nas proximidades de São Francisco do Sul (SC), foi observado aproximadamente dois meses antes, em 17/07/2016, próximo a Ilhabela (SP), o que representa um deslocamento linear de aproximadamente 500 km. O indivíduo 03#, observado em 17/08/2016 próximo ao Arquipélago das Ilhas Cagarras (RJ), foi reavistado em 07/02/2019 próximo à Península Antártica. Essa reavistagem seu deu via disponibilização do catálogo de referência do PMC-BS na plataforma online *Happywhale*, uma iniciativa global de integração e comparação de catálogos (**Figura V-62**).

Foram marcados oito indivíduos de *Megaptera novaeangliae*. As marcações ocorreram sempre no inverno, entre julho e setembro, com

transmissores na configuração implantável. É a espécie se mantém como a segunda com o maior número de indivíduos marcados. Foi também a segunda espécie com maior duração das transmissões, embora o período de transmissão tenha variado bastante entre os indivíduos (3–54 dias). Houve grande variabilidade nos movimentos e uso de habitat das baleias-jubarte na Bacia de Santos (**Figura V-63**). Os indivíduos PTTs 158553, 34588 e 34722 movimentaram-se de forma migratória no sentido sul, deslocando-se entre o início de agosto e o início de setembro. Um destes indivíduos era subadulto, sem sexo confirmado, um era uma fêmea e o outro era um macho adulto. Em todos os casos, este deslocamento migratório iniciou na região de Cabo Frio, Rio de Janeiro, afastando-se da costa na direção das Ilhas Geórgia do Sul.

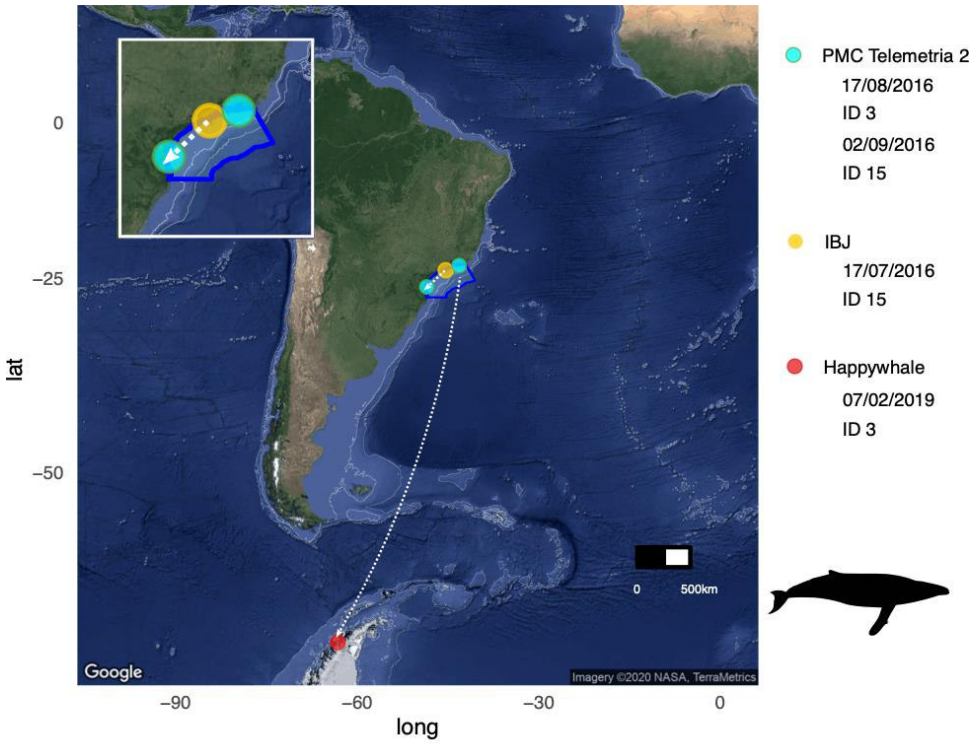


Figura V-62: *Localização das duas reavistagens de* ***Megaptera novaeangliae****, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom nas reavistagens na Bacia de Santos.*

Alguns animais subadultos foram registrados no inverno de 2016 no litoral norte de Santa Catarina, onde permaneceram por um período considerável (9 a 19 dias), observando-se comportamentos de alimentação. Na mesma região ocorreu a reavistagem por fotoidentificação do indivíduo 15#, como apresentado acima, e foram marcados com transmissores satelitais um macho, PTT 158542 (10/08/2016), e uma fêmea, PTT 158556 (02/09/2016) (**Figura V-63**). Os indivíduos PTT 158544 e 34738 foram monitorados por períodos curtos, de 3 e 4 dias, respectivamente (**Figura V-63**). Ambos estavam nas proximidades de Cabo Frio, no Rio de Janeiro.

A baleia-jubarte é uma das espécies de misticetos mais bem-estudada no mundo, embora persistam muitas lacunas de informação sobre sua ecologia no Hemisfério Sul (IWC, 2006). A espécie apresenta um padrão migratório bem-definido e conhecido entre áreas reprodutivas e de alimentação, visitando a costa leste do Brasil durante o inverno e a primavera para reprodução (ZERBINI et al., 2006). A IWC denomina a população que migra anualmente para a costa leste da América do Sul de “Estoque reprodutivo A” (IWC, 2005). A região do Banco de Abrolhos, no litoral do Brasil, é a principal área de reprodução desse estoque (WEDEKIN et al., 2010).

A abundância relativa na região aumenta gradualmente depois de julho, atingindo um pico entre o final de agosto e o início de setembro, e reduzindo novamente em novembro, quando a população retorna para as áreas de alimentação (MORETE et al., 2008). A rota migratória dessa população indica que as Ilhas Sanduíche do Sul e Geórgia do Sul são a principal região de alimentação desse estoque (ZERBINI et al., 2006; ENGEL; MARTIN, 2009). A reavistagem do indivíduo 03# na Península Antártica, no entanto, sugere que a população que utiliza essa área para alimentação também pode migrar para a costa leste da América do Sul, e não apenas para a costa oeste como indicado por estudos anteriores (ver STEVICK et al., 2004).

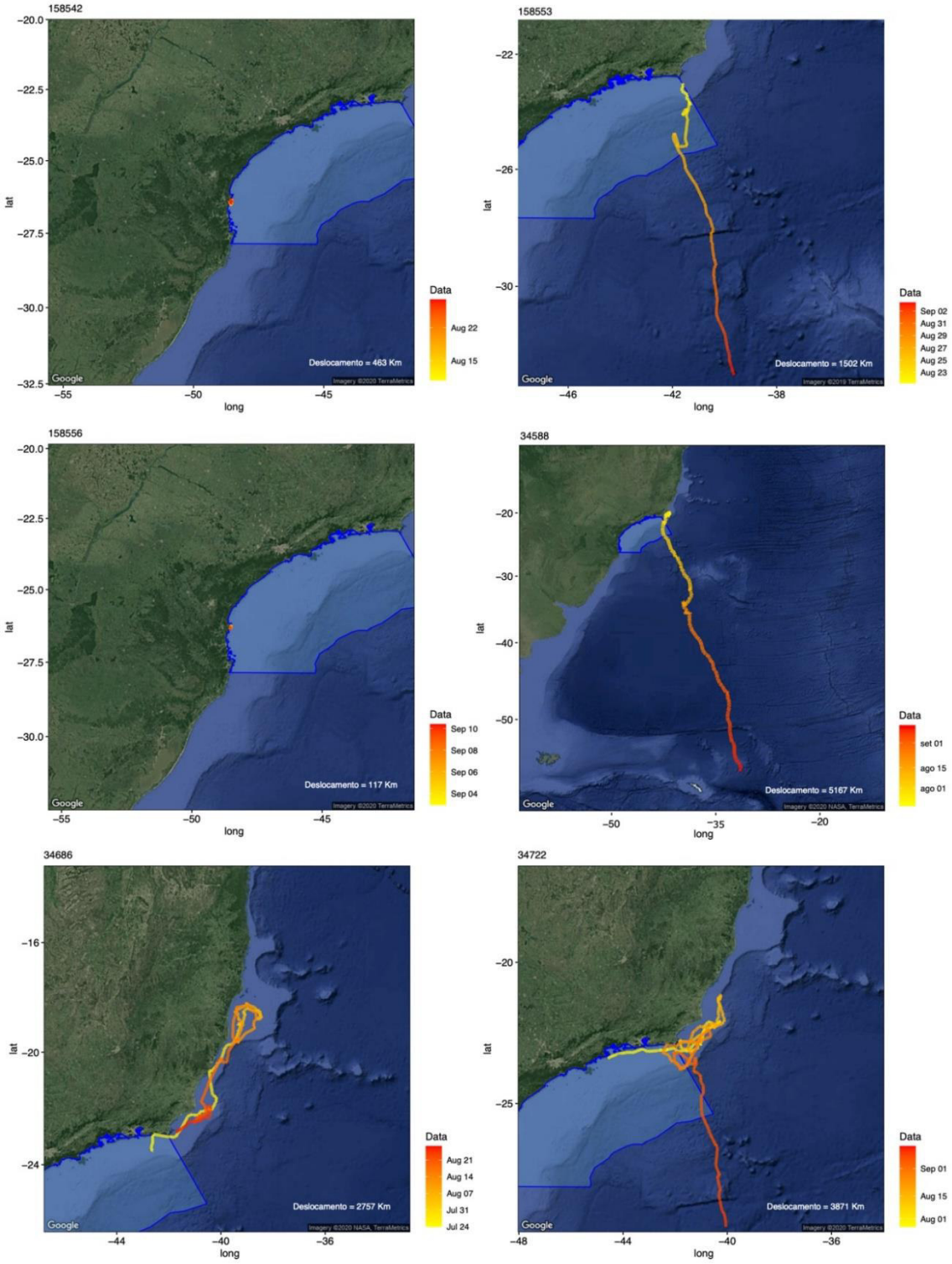


Figura V-63: *Movimentos de* ***Megaptera novaeangliae*** *na Bacia de Santos obtidos de seis indivíduos marcados com transmissores satelitais nos anos de 2016, 2017 e 2018.*

A rota percorrida pelos indivíduos PTT 158553 (agosto/2016), PTT 34588 (fêmea – agosto/2017) e PTT 34722 (macho - julho/2018) seguiu o "corredor migratório" dessa população, sendo semelhante às rotas registradas por ZERBINI et al. (2006) para uma fêmea acompanhada por filhote e um macho de *Megaptera novaeangliae*, marcados com transmissor satelital em 2003. Contudo, pode-se considerar que a migração desses indivíduos para a região de alimentação ocorreu antes do previsto, entre o início de agosto e o início de setembro, já que tal movimento costuma ocorrer entre outubro e novembro, após a temporada reprodutiva (ZERBINI et al., 2006; MORETE et al., 2008).

O primeiro indivíduo era um subadulto, o que pode explicar esse retorno precoce às áreas de alimentação, já que, nessa fase da vida, os indivíduos ainda não estão envolvidos diretamente com as atividades reprodutivas. Contudo, os outros indivíduos, marcados em 2017 e 2018, eram adultos, sendo um macho e uma fêmea. O retorno precoce às áreas de alimentação pode estar associado a uma variação individual no comportamento migratório, que pode estar relacionada ao sexo e estado reprodutivo (BROWN et al., 1995). Entretanto, esta variação ainda precisa ser descrita para a costa brasileira.

O comportamento dos indivíduos PTT 158543 e PTT 158546 pode ser considerado atípico para a espécie. Não há registros pretéritos de áreas de concentração de baleias-jubarte ao longo do litoral sul do Brasil. Encalhes de animais mortos são documentados há vários anos na região sul (CHEREM et al., 2004), mas são raros os registros de animais vivos ao longo da costa, incluindo o litoral catarinense. Contudo, nos últimos anos, tem sido crescente o número de registros de baleias jubarte no litoral sudeste e sul do Brasil, tanto de animais vivos como mortos. É possível que o aumento populacional da espécie nos últimos anos esteja ocasionando uma maior dispersão da população, que passa a ocupar novas áreas. O indivíduo 15#, registrado em 14/07/16 em Ilhabela e 45 dias depois no litoral norte de Santa Catarina, contribui para o entendimento de que a espécie esteja utilizando esta região de formas variadas. Ou seja, é possível que a Bacia de Santos não seja utilizada apenas como rota migratória das baleias-jubarte, mas que elas também permaneçam na área por períodos prolongados, utilizando a região como área de alimentação e reprodução.

As jubartes que permaneceram no litoral de Santa Catarina foram observadas em comportamento de forrageio nessa área. Estes registros sugerem um recente uso de áreas costeiras durante o período migratório ou por indivíduos que não chegam a completar a migração para áreas reprodutivas, permanecendo em áreas costeiras ao longo do caminho em atividades de forrageio. O fato destes animais serem jovens também contribui para explicar sua permanência numa região que normalmente não é utilizada pela espécie, que busca as baixas latitudes para reprodução. Alguns autores sugerem que a espécie se alimenta de forma oportunista durante a migração para áreas de reprodução (WITTEWEEN et al., 2011), incluindo a costa do Brasil, onde já foram registrados eventos de alimentação (DANILEWICZ et al., 2009).

Movimentos de Physeter macrocephalus

Três indivíduos foram marcados na região do talude continental no dia 20/11/2017. O PTT 34722, marcado com transmissor na configuração implantável, teve o maior período de monitoramento por telemetria satelital do PMC, chegando a 60 dias, enquanto os PTTs 34746 e 34792, na configuração Limpet, tiveram duração de três e quatro dias, respectivamente. O PTT 34722 se deslocou para o sul, sempre acompanhando o talude continental, saindo da Bacia de Santos e chegando até a região limítrofe entre Brasil e Uruguai **(Figura V-64**)**,** percorrendo 3.786,1 km.

São escassas as informações sobre os movimentos e padrões de uso de habitat de cachalotes no Atlântico Sul. A maior parte das informações provém do registro de animais encalhados. RAMOS et al. (2000) reportaram os encalhes ocorridos na costa brasileira entre 1967 e 2000, período no qual foram registrados 95 indivíduos. Os dados indicam um padrão sazonal e espacial nos encalhes, com um maior número de encalhes nas grandes latitudes ocorrendo no inverno e maior número de encalhes em baixas latitudes ocorrendo entre o verão e o outono. A espécie representou 27,8% dos registros na região do talude continental entre o sul e sudeste do Brasil (DI TULLIO et

al., 2016), com maior concentração nas latitudes maiores, ao sul do Cabo de Santa Marta. A espécie foi observada em todas as estações, sempre em profundidades maiores do que 1.000 metros.

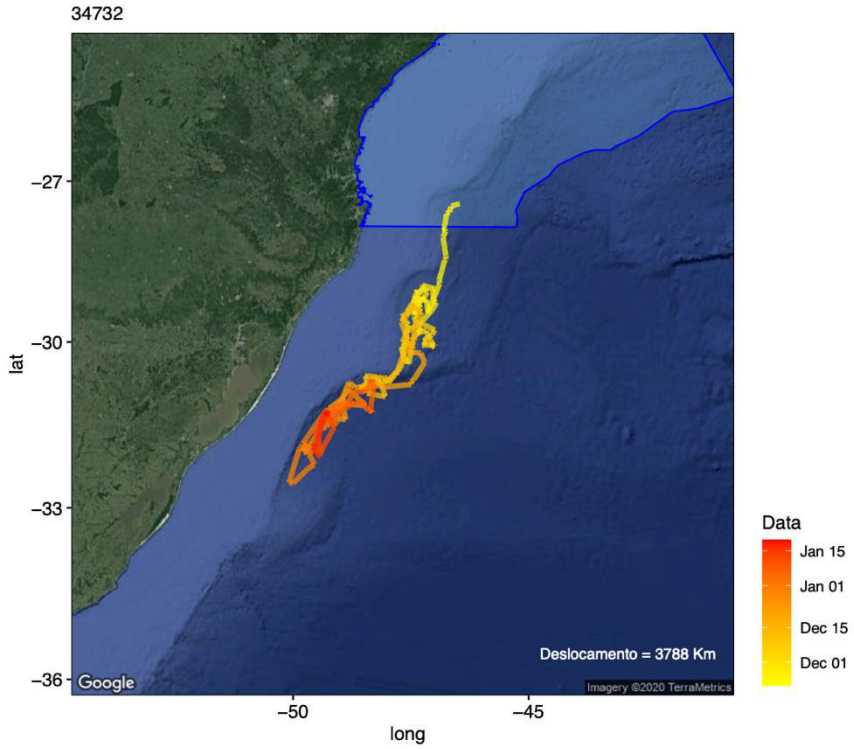


Figura V-64: *Movimentos de* ***Physeter macrocephalus*** *na Bacia de Santos obtidos para três indivíduos marcados com transmissores satelitais em 2017.*

Movimentos de Orcinus orca

Na 7ª Campanha de Telemetria foram registradas as primeiras reavistagens de *Orcinus orca* (**Figura V-65**). Dois indivíduos (06# e 07#) em um mesmo grupo foram fotoidentificados em 30/08/2016 na região do talude, na altura de Paranaguá (PR). O grupo foi reavistado em 06/08/2018 praticamente no mesmo ponto, 5 km ao sul do primeiro registro. Outros dois indivíduos (10# e 13#) foram registrados pela primeira vez em 06/08/2017, também na região do talude e na altura de Paranaguá (PR), e reavistados nos dias 06 e 07/08/2018, exatamente um ano depois, a apenas 2 km de distância do primeiro registro, sugerindo a possibilidade de se tratar do mesmo grupo dos indivíduos 06# e 07#. Considerando todos os registros de orca do PMC-BS, nota-se que a área de ocorrência dessas reavistagens de fotoidentificação coincide com a área de maior densidade de registros para a espécie. Este padrão indica a possibilidade de visitarem a área sistematicamente, ou mesmo apresentarem algum grau de fidelidade e residência nesta área, utilizando-a para atividades de alimentação/forrageio. Destaca-se que as reavistagens ocorreram em intervalos de 1 ou 2 anos, porém exatamente na mesma época do ano, sugerindo algum padrão de sazonalidade.

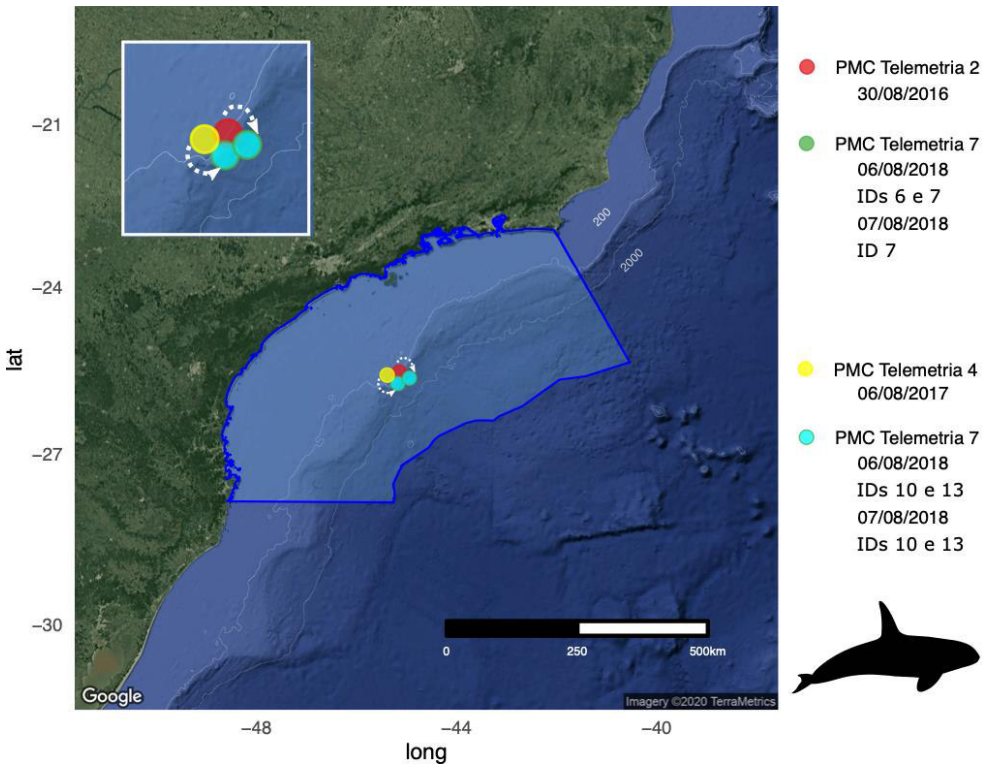


Figura V-65: *Localização das quatro reavistagens de* ***Orcinus orca****, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens.*

Cinco orcas foram marcadas até o momento, todas no inverno, com dados para três machos adultos em águas oceânicas e um macho na região costeira; não foi possível identificar o sexo do quinto indivíduo. Todos os indivíduos foram marcados com transmissores na configuração Limpet. Quatro indivíduos foram marcados na região do talude, na mesma altura de Paranaguá, sendo os dois primeiros em 2016 (machos PTT 158547 e 162628) e os outros dois em 2018 (macho PTT 58013 e PTT 58014). Os animais marcados em 2016 estavam no mesmo grupo, mas em 2018 os animais foram marcados em grupos distintos (embora em dias seguidos). Nos dois casos, os animais marcados eram do mesmo grupo daqueles fotoidentificados (conforme detalhado acima), sendo um deles o indivíduo 06#. Apesar do curto período de transmissão, variando de 3 a 14 dias, esses animais permaneceram todo o tempo do monitoramento na mesma região, fazendo um deslocamento latitudinal nas proximidades da área de marcação, o que foi reforçado pelos dados de fotoidentificação. De maneira distinta, o animal marcado nas águas

costeiras de Santa Catarina no inverno de 2017 (PTT 162633) realizou um longo deslocamento em direção ao sul, paralelamente à costa, e chegou até a desembocadura do estuário do rio da Prata, entre o Uruguai e a Argentina. Embora este indivíduo tenha sido monitorado por um período mais longo, de 33 dias, os dados indicam um padrão de uso de habitat bastante distinto dos outros indivíduos marcados, movendo-se principalmente entre as isóbatas de 10 e 50 metros de profundidade e percorrendo 2.692,5 km, com uma média de 81,6 km/dia (**Figura V-66**).

O modelo hierárquico de estado-espaço permitiu identificar a ocorrência dos dois padrões comportamentais classificados pelo modelo, sendo a área costeira considerada uma área de deslocamento/movimentação, e a área do talude, inserida na Bacia de Santos, como uma área de permanência (ARS), que pode estar relacionada a comportamentos de alimentação e/ou reprodução (**Figura V-66**)**.** Este resultado reforça a hipótese levantada por meio dos dados de fotoidentificação, ou seja, de que os animais apresentam algum grau de fidelidade ou residência a esta região do talude.

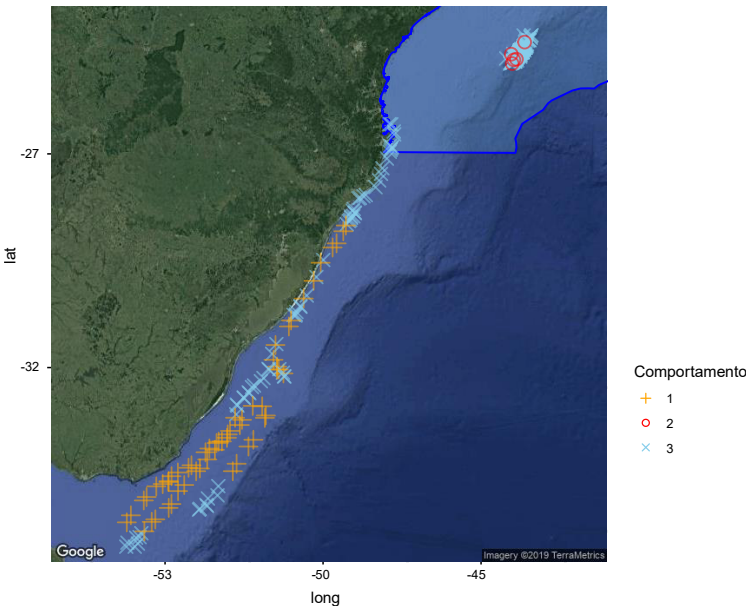


Figura V-66: *Estados comportamentais estimados para* ***Orcinus orca*** *na Bacia de Santos pelo modelo hierárquico de estado-espaço aplicados aos dados obtidos pelos transmissores satelitais para cinco indivíduos no inverno dos anos de 2016, 2017 e 2018. Os estados comportamentais estimados são 1 = Transiting (deslocamento); 2 = ARS (area restricted-search); 3 = padrão indefinido.*

Há registros ocasionais de indivíduos solitários de orcas, ou grupos de tamanho variado, chegando a 10 indivíduos, no litoral dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, em todas as estações (SICILIANO et al., 1999; SANTOS et al., 2010; LODI; FARIAS-JÚNIOR, 2011). Um indivíduo solitário foi reavistado nesta região em todas as estações, mas principalmente no verão (LODI; FARIAS-JÚNIOR, 2011). DI TULLIO et al. (2016) registraram apenas dois grupos de orcas na região do talude da Bacia de Santos, ambos no outono, enquanto WEDEKIN et al. (2014) registraram dois indivíduos no Banco de Vitória, a sudeste do Banco de Abrolhos, no inverno. No sul do Brasil, *Orcinus orca* foi registrada na região do talude durante interação com a pesca de espinhel do atum e peixe-espada (SECCHI; VASKE, 1998; DALLA-ROSA; SECCHI, 2007), com aparente padrão sazonal, ocorrendo entre junho e outubro. Em outras regiões do mundo, a espécie é conhecida por se deslocar a grandes distâncias chegando a percorrer 15.600 km (MATKIN et al., 1997).

Movimentos de Globicephala macrorhynchus

Foram marcados três indivíduos da espécie, todos com transmissor satelital na configuração Limpet. O primeiro foi marcado em 24/01/2019, e os outros dois foram marcados no mesmo grupo, em 13/07/2019 na Campanha de Telemetria 9. Em todos os casos, a identificação em nível de espécie foi feita por meio da análise genética de biópsias coletadas de outros indivíduos do grupo. A distância média percorrida foi de 1.569.9 km (**Figura V-67**).

Todas as marcações foram realizadas na região do talude. O PTT 58016, marcado no verão, fez um deslocamento no sentido norte, seguindo pelo talude até a altura de Cabo Frio, quando o animal se afastou do talude para uma região mais oceânica (saindo da Bacia de Santos) chegando à altura da Cadeia Vitória-Trindade (20,8º S). A partir deste ponto, o animal retornou para o sul, adentrando novamente o talude na Bacia de Santos (**Figura V-67).**

Ambos os indivíduos marcados no verão (PTTs 179341 e 179340) eram machos e permaneceram na mesma região de marcação. Os dados indicam que estes machos permaneceram no mesmo grupo por pelo menos nove dias,

que foi o tempo de transmissão do PTT 179341, semelhante ao que foi registrado para dois machos jovens de *G. melas* no noroeste do Atlântico, que também permaneceram juntos por pelo menos 35 dias (NAWOJCHIK et al., 2003). O PTT 179340, que permaneceu transmitindo por 25 dias, continuou na mesma região durante todo o período.

As baleias-piloto-de-peitorais-curtas estão distribuídas em águas temperadas e tropicais de todos os oceanos, com limite latitudinal em 50ºN e 40ºS, geralmente em áreas oceânicas e nas proximidades do talude continental (OLSON, 2018). Em geral são nômades, embora algumas populações residentes ou semiresidentes tenham sido registradas no Havaí (VAN CISE et al., 2017), nas Ilhas Madeira e na costa da Califórnia (OLSON, 2018). Elas têm a capacidade de realizar mergulhos profundos para a captura de suas presas, o que está relacionado à sua ocorrência no ambiente oceânico, nas proximidades do talude (GARRISON, 2007).

Informações sobre a distribuição e movimentos de baleias-piloto no Atlântico Sul Ocidental são escassas e se limitam em grande parte a registros ocasionais. Os três indivíduos marcados permaneceram nas proximidades do talude durante todo o monitoramento, semelhante ao que foi descrito para a espécie no Atlântico Norte Ocidental, onde 29 indivíduos marcados com transmissores satelitais permaneceram a maior parte do tempo de monitoramento associados ao talude em comportamento de alimentação (THORNE et al., 2017).

Os indivíduos marcados no inverno permaneceram mais ao sul da Bacia de Santos, o que pode estar relacionado a uma maior disponibilidade de alimento neste período do ano na região (ODEBRECHT; CASTELLO, 2001), enquanto que o indivíduo marcado no verão percorreu 2.746,1 km em direção ao norte, com uma maior média de km percorridos por dia (85,8 km/dia). A maior área percorrida sugere um maior esforço na busca por alimento num período com menor concentração de presas. A baleias-piloto (*Globicephala* spp.) foram mais frequentes na região sul do talude, em comparação ao sudeste (com apenas dois registros), durante cruzeiros realizados nos anos de 2009 a 2014 (DI TULLIO et al., 2016).

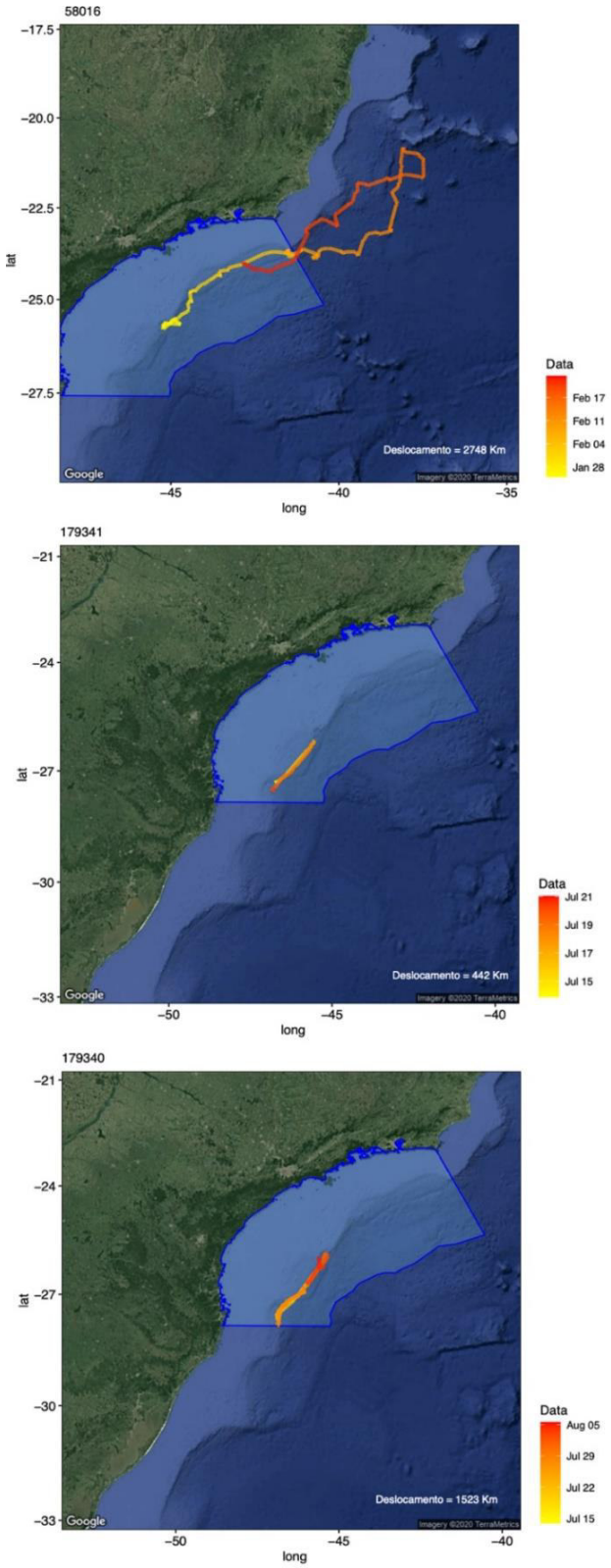


Figura V-67: *Movimentos de **Globicephala macrorhynchus** na Bacia de Santos obtidos de três indivíduos marcados com transmissor satelital em 2019.*

Movimentos de Peponocephala electra

Peponocephala electra foi registrada pela primeira vez no 6º Ciclo, tanto na Campanha de Avistagem e MAP, quanto na Campanha de Telemetria. O primeiro registro ocorreu em 07/02/2018, enquanto o segundo registro ocorreu em 06/04/2018 (**Figura V-68**). Possivelmente tratava-se do mesmo grupo, já que 26 indivíduos identificados no primeiro registro foram identificados também no segundo. Os dois registros ocorreram em águas oceânicas, típico da espécie, porém o segundo ocorreu a aproximadamente 100 km ao norte.

Outro grupo foi registrado no dia 24/03/2019, e 17 indivíduos do grupo foram reavistados em 10/04/2019, praticamente na mesma área, próxima ao talude (**Figura V-68**). Como os dois registros computaram mais de 200 indivíduos, é muito provável que, mais uma vez, se trate do mesmo grupo em momentos diferentes da campanha. Assim, seria o segundo caso de uma reavistagem de um mesmo grupo nessa área e nessa época do ano para a espécie. Como não foram observadas reavistagens entre os registros de 2018 e de 2019, não é possível afirmar que sejam os mesmos indivíduos. Aplicando-se um modelo *Lincoln-Petersen* de marcação de recaptura para as duas reavistagens, de 2018 e de 2019, foi possível estimar que, assumindo o pressuposto de que os reavistamentos são de um mesmo grupo, a reavistagem de 2018 era de um grupo de 142 indivíduos (IC95%: 115-201), enquanto a reavistagem de 2019 era de um grupo muito maior, de 466 indivíduos (IC 95% = 301-722).

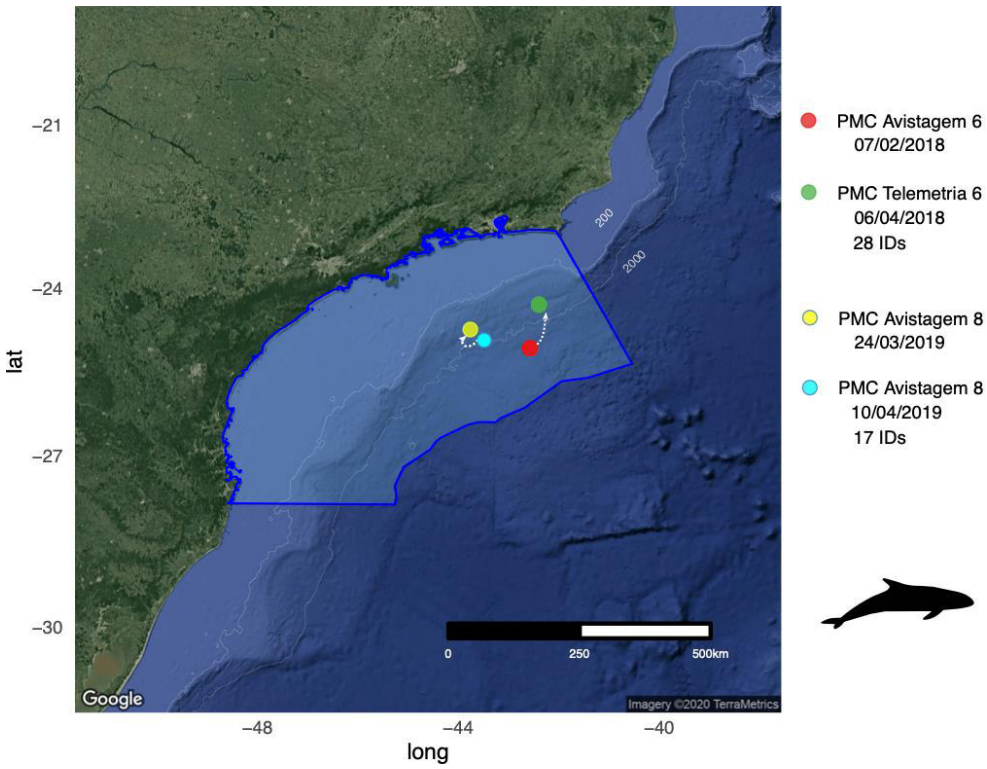


Figura V-68: *Localização das 2 reavistagens de grupos de* ***Peponocephala electra*** *(28 indivíduos no primeiro grupo reavistado e 17 no segundo), e representação de movimentos mínimos entre registros.*

Dois indivíduos num mesmo grupo foram marcados com transmissores satelitais na configuração Limpet em 06/04/2018. Os transmissores permaneceram em funcionamento por 6 dias em um indivíduo e 7 no outro, período no qual os animais não se afastaram do local de marcação, na região do talude, mais ao norte da Bacia de Santos **(Figura V-69).** O local de marcação e permanência destes indivíduos coincide com os locais onde foram fotoidentificados e reavistados 26 e 17 indivíduos, respectivamente em 2018 e 2019. Em todos os casos, os animais estavam em grupos muito grandes, estimados entre 100 e 400 indivíduos.

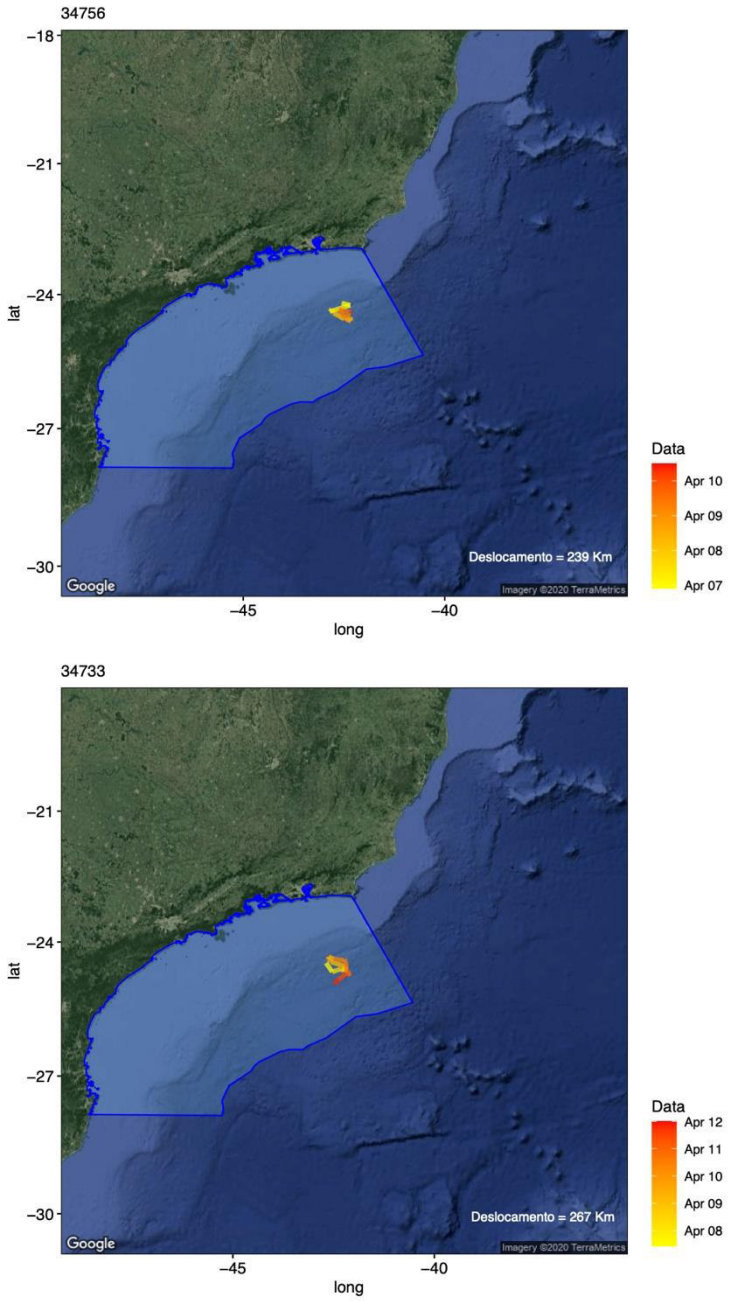


Figura V-69: *Movimentos de* ***Peponocephala electra*** *na Bacia de Santos obtidos de dois indivíduos marcados com transmissores satelitais e monitorados durante o outono de 2018.*

Peponocephala electra é uma espécie de distribuição global, encontrada principalmente em regiões oceânicas tropicais e temperadas (PERRYMAN, 2002). No Atlântico, as informações disponíveis são principalmente para a região do Caribe e Atlântico Norte (WATKINS et al., 1997). O pouco que se sabe sobre a espécie em águas brasileiras vem de registros de encalhes

reportados na literatura (LODI et al., 1990; BATISTA et al., 2012). Novas reavistagens vão contribuir para reforçar a importância dessa área para a espécie, se seu uso tem algum padrão sazonal, se existe tendência à manutenção nas composições de grupos e possíveis unidades populacionais.

Movimentos de Feresa attenuata

Em 12/02/2018, 9 indivíduos de *Feresa attenuata* foram identificados em um grupo em águas oceânicas, próximo ao talude. Na 8ª Campanha de Telemetria, em 21/04/2019, 4 destes 9 indivíduos foram reavistados a aproximadamente 120 km ao norte do primeiro registro (**Figura V-70**). Embora o grupo do primeiro registro tivesse em torno de 30 indivíduos e o do segundo apenas 10, esta reavistagem sugere ao menos uma parcial manutenção na composição do grupo, mesmo um ano depois. Nenhum indivíduo desta espécie foi marcado com transmissor satelital até o momento.

Feresa attenuata é registrada em águas tropicais e temperadas (ROSS; LEATHERWOOD, 1994), porém muito pouco se sabe sobre seus padrões de distribuição e movimento. No Brasil, em geral, os registros são de encalhes (ZERBINI; SANTOS, 1997; MAGALHÃES et al., 2008), sendo que a primeira ocorrência foi reportada para a costa da Bahia, em 2008 (ROSSI-SANTOS et al., 2006). Globalmente, os registros conhecidos são predominantemente em profundidades de 120 a 100 m, com alguns casos de fidelidade a ilhas oceânicas (e.g. BAIRD et al., 2011), e se aproximando de áreas costeiras em águas quentes (WADE; GERRODETTE, 1993). Esta é a primeira reavistagem da espécie pelo PMC-BS. Assim como nos demais registros, eles ocorreram nas proximidades do talude, em águas profundas. Com o aumento do catálogo (ainda com poucos indivíduos), novas reavistagem poderão contribuir com padrões espaciais dos grupos registrados.

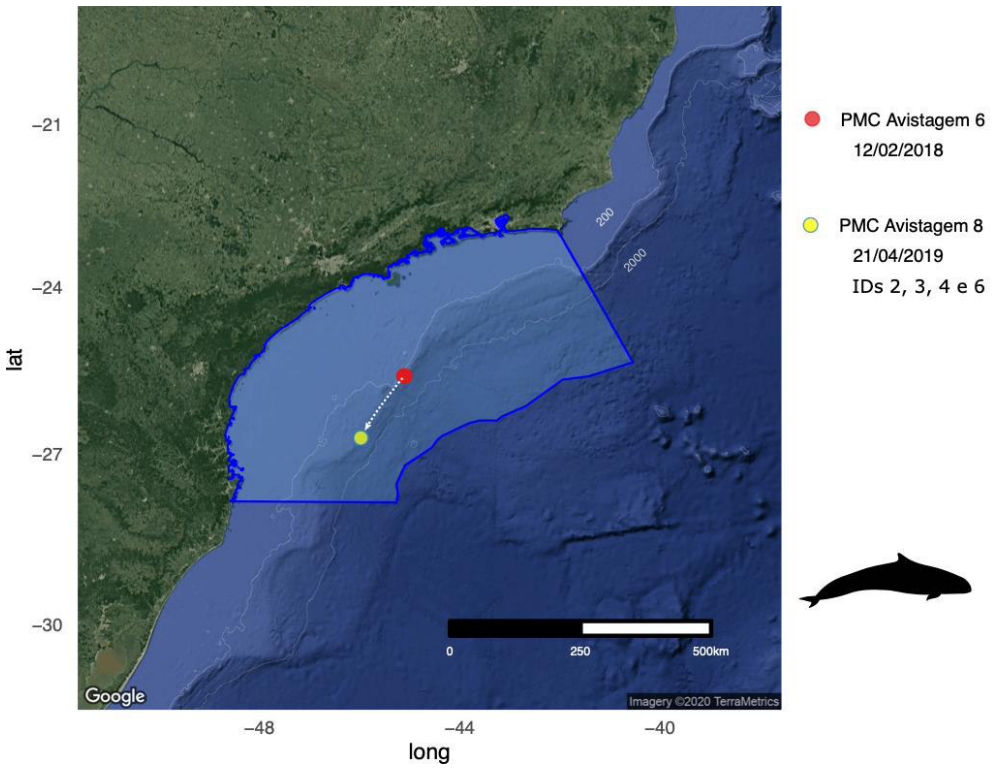


Figura V-70: *Localização das 4 reavistagens (em mesmo grupo) de* ***Feresa attenuata****, e representação de movimentos mínimos entre registros.*

Movimentos de Grampus griseus

As primeiras reavistagens de *Grampus griseus* ocorreram no 8º ciclo. Dois indivíduos (22# e 23#), observados em 24/08/2016, foram reavistados, sendo o indivíduo 22# em 22/01/2019 e o 23# em 24/03/2019 (8ª Campanha de Avistagem e MAP) (**Figura V-71**).

Durante o período de cinco anos foi possível a marcação de apenas um indivíduo da espécie em 08/02/2019 com transmissor satelital na configuração Limpet (PTT 58010). Da mesma forma que os indivíduos fotoidentificados, ele estava na região do talude, contudo mais ao sul. Seus movimentos foram monitorados por seis dias durante o mês de janeiro, período no qual ele se movimentou entre as latitudes 27,7º e 28,7º S, permanecendo na região do talude (**Figura V-72**).

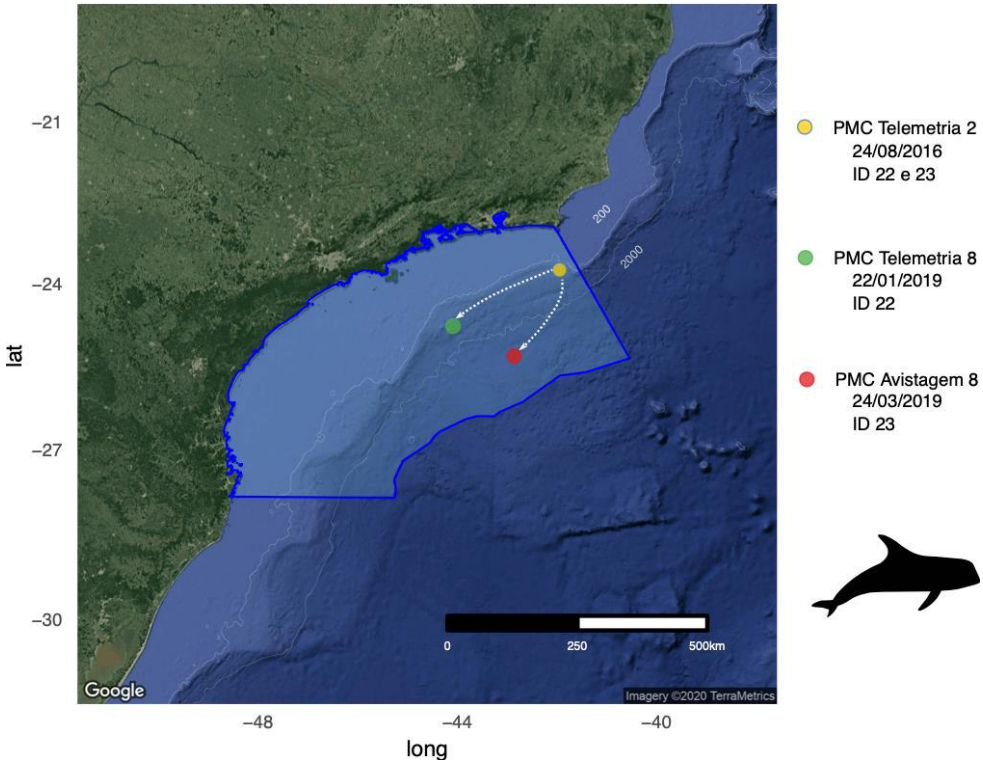


Figura V-71: *Localização das duas reavistagens de* ***Grampus griseus****, e representação da direção do movimento entre registros.*

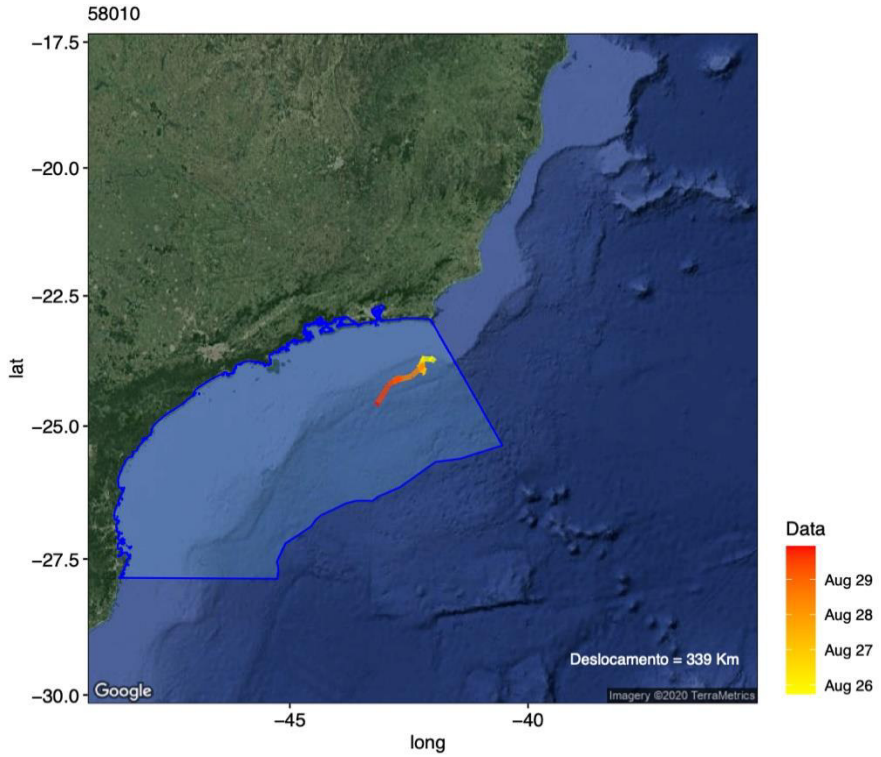


Figura V-72: *Movimentos de* ***Grampus griseus*** *na Bacia de Santos obtidos de um indivíduo marcado com transmissor satelital em 2019.*

Grampus griseus é amplamente distribuído em águas temperadas e tropicais, ocorrendo preferencialmente em águas oceânicas, com 200 a 1.000 metros de profundidade e temperaturas acima de 12º C (BEARZI et al., 2011; HARTMAN, 2018). O seu comportamento discreto, que dificulta a detecção, e o esforço reduzido em muitas regiões que pudessem indicar a ocorrência da espécie, por muito tempo o golfinho-de-Risso foi considerado restrito a áreas costeiras ou ilhas oceânicas, com fidelidade comprovada para algumas regiões (HARTMAN et al., 2014).

O Atlântico Sul Ocidental é a região com o menor número de registros da espécie, o que possivelmente seja resultado do esforço reduzido de pesquisa em áreas distantes da costa (JEFFERSON et al., 2014). Segundo os autores, a espécie tem preferência por águas temperadas, entre 30º e 45º em ambos os hemisférios. Tanto os animais com reavistagem de fotoidentificação como aquele marcado com transmissor satelital ocorreram em águas oceânicas, nas proximidades do talude. Este padrão de movimentação já foi observado para um golfinho-de-Risso reabilitado, marcado com transmissor satelital e liberado no Golfo do México, numa região com profundidade de 125 metros, sendo monitorado por 23 dias (WELLS et al., 2009). No sul da Bacia da Califórnia, dois indivíduos marcados permaneceram nas imediações de ilhas oceânicas (FALCONE; SCHORR, 2012).

Com o aumento no número de indivíduos catalogados a partir deste último ano, espera-se que novas reavistagens e um aumento no número de indivíduos marcados com transmissores satelitais contribuam para refinar o conhecimento sobre a espécie no Atlântico Sul Ocidental e permitam elucidar algum padrão de uso da área e/ou definições de possíveis unidades populacionais.

Movimentos de Sotalia guianensis

Até o 9º ciclo, apenas uma reavistagem de *Sotalia guianensis* tinha ocorrido, de um indivíduo da população residente da espécie na Baía Babitonga, que foi reavistado um ano depois próximo à entrada do Complexo

de Paranaguá, 60 quilômetros ao norte. Este registro sugere que ou indivíduos da população residente de *Sotalia* da Baía Babitonga se deslocam para áreas adjacentes, ou indivíduos de áreas adjacentes visitam a Baía Babitonga. Movimentos como esse não foram registrados anteriormente pelos monitoramentos sistemáticos que ocorrem na área (CREMER et al., 2011), e devem ser considerados em estudos futuros que avaliam o estado das populações costeiras da espécie. No 10º ciclo, ocorreu a segunda reavistagem do indivíduo 51#, observado nas proximidades de Ubatuba/SP em 03/08/2018, e reavistado ~20 quilômetros ao norte, praticamente na mesma área em 23/01/2020 (**Figura V-73**). Este registro, em um grupo de ~80 indivíduos, aparenta ser um movimento de indivíduos que usam com frequências essas águas costeiras e abertas. Um esforço futuro de comparação de catálogos com grupos de pesquisa que atuam nessas áreas pode confirmar a procedência do grupo.

O tamanho reduzido da espécie não permite a marcação remota com transmissores satelitais, portanto, nenhum indivíduo foi marcado.

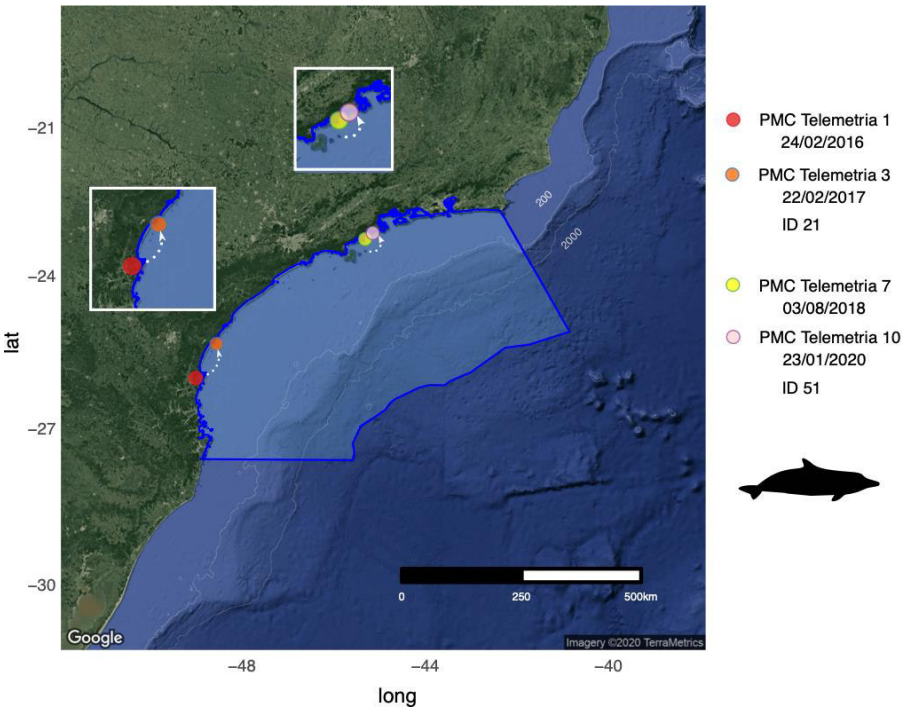


Figura V-73: *Localização das duas reavistagens de **Sotalia guianensis**, e representação da direção do movimento entre registros. Zoom para destacar as reavistagens.*

Movimentos de Steno bredanensis

Steno bredanensis é a espécie com maior número de reavistagens. O indivíduo 1#, registrado em 02/03/2016, foi novamente registrado em 16/02/2017 e em 19/07/2017. Adicionalmente, este indivíduo, desde 2011, compõe o catálogo de fotoidentificação do Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro (PBGRJ) – Instituto Mar Adentro, sendo registrado em 4 oportunidades nas proximidades do Arquipélago de Cagarras (RJ). Esses registros ocorreram em áreas costeiras, entre Ilha Grande e Cabo Frio (RJ), e esse padrão se repetiu para outros indivíduos (**Figura V-74**). Por exemplo, o indivíduo 04#, registrado em Ilha Grande em 02/03/2016, foi reavistado pelo PBGRJ nas proximidades do Arquipélago de Cagarras (RJ) no ano seguinte, em 31/07/2018 e em 01/02/2019, em Cabo Frio (RJ) e no Arquipélago de Cagarras (RJ), respectivamente (**Figura V-74**). O indivíduo 09# foi avistado em 16/02/2017 nas proximidades de Ilha Grande (RJ), em 28/03/2018 nas proximidades de Ilhabela (SP) e em 07/06/2017 e 08/08/2017 nas proximidades do Arquipélago de Cagarras (RJ) pelo PBGRJ (**Figura V-74**). Os indivíduos 11#, 12# e 15# foram avistados em 19/07/2017 (Campanha de Telemetria 4) em Cabo Frio (RJ) e em 28/01/2019 e 01/02/2019 (Campanha de Telemetria 8) entre Ilha Grande (RJ) e Arquipélago de Cagarras (RJ). Eles também constam do Catálogo do PBGJR e foram observados múltiplas vezes no Arquipélago de Cagarras (RJ; **Figura V-74**). Os indivíduos 23#, 24# e 28# foram registrados na 6ª e 8ª Campanhas de Telemetria nas proximidades de Ilhabela (SP), sendo que o 28# também foi observado na 7ª Campanha de Telemetria próximo a Cabo Frio (RJ) e na 8ª Campanha de Telemetria em Ilha Grande (RJ; **Figura V-75**).

Por fim, os indivíduos 06#, 10#, 13#, 14#, 41#, 45#, 50#, 51#, 52#, 53#, 54#, 55#, 56#, 57#, 58#, 59#, 60#, 61#, 62# e 66# foram registrados uma única vez pelo PMC, sempre entre Ilha Grande (RJ) e Cabo Frio (RJ), e constam do Catálogo do PBGRJ, sendo observados com frequência na área próxima ao Arquipélago de Cagarras (RJ; **Figura V-74 e Figura V-75**). Alguns desses indivíduos foram reavistados em múltiplas oportunidades. No 10º ciclo, o indivíduo 34#, avistado em 02/08/2018, foi reavistado fora dessa área, em um

movimento ao sul para a latitude ~25ºS, a ~100 quilômetros da costa (**Figura V-75**).

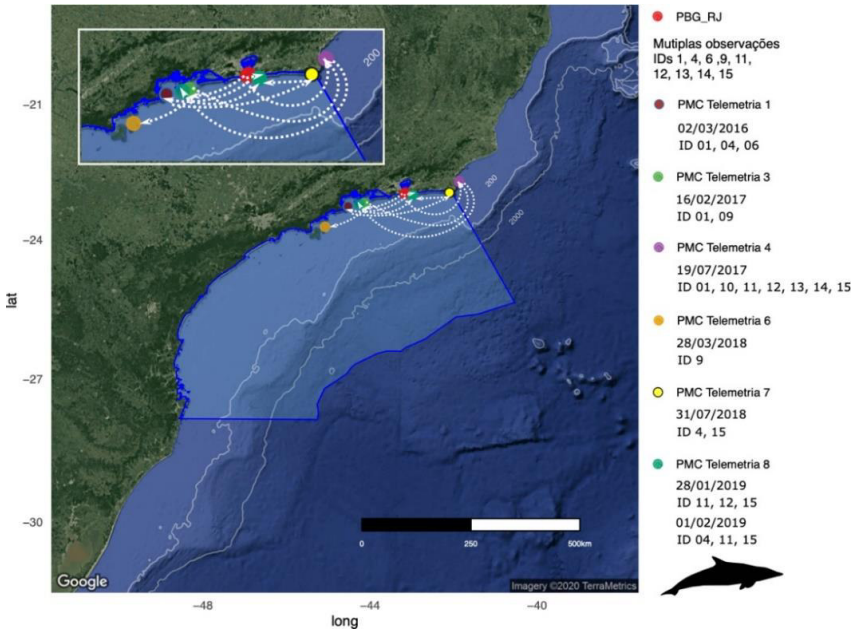


Figura V-74: *Localização dos nove indivíduos reavistados de* ***Steno bredanensis****, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens.*

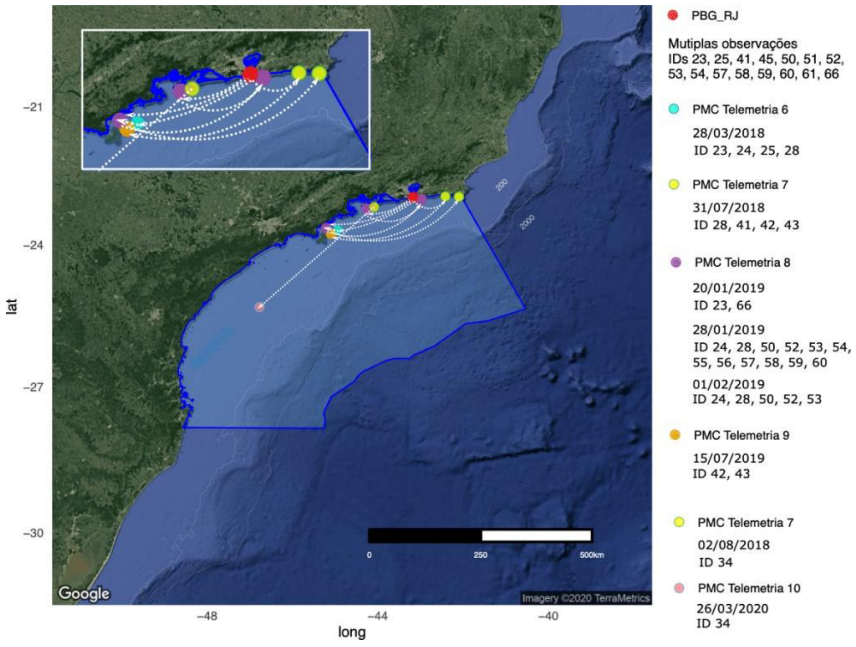


Figura V-75: *Localização dos 15 indivíduos reavistados de* ***Steno bredanensis****, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens.*

Até agora, apenas um indivíduo de *Steno bredanensis* foi marcado com transmissor satelital em 31/07/2018. Apesar dos vários encontros com a espécie ao longo do PMC-BS, incluindo muitas reavistagens por fotoidentificação, a espécie está no limite mínimo aceitável para a instalação dos transmissores LIMPET e, portanto, as oportunidades de marcação tornam-se mais reduzidas. O transmissor permitiu o monitoramento do indivíduo durante sete dias. A marcação foi realizada ao norte da Baía de Guanabara e o animal seguiu em direção ao sul, muito próximo da costa, até as imediações da Baía de Sepetiba (**Figura V-76**).

Steno bredanensis é uma espécie de distribuição tropical e subtropical, ocorrendo em geral em águas oceânicas profundas entre as latitudes de 40ºN e 35ºS (PERRIN, 2009). Contudo, em algumas regiões, a espécie ocorre no entorno de ilhas oceânicas (BAIRD et al., 2008) ou próximas à costa, como é o caso do Brasil (*e.g.*, LODI et al., 2012). De maneira geral, a espécie é considerada pouco conhecida. Os dados de fotoidentificação e de telemetria satelital confirmam um padrão já conhecido de movimentação da espécie ao longo do litoral do Rio de Janeiro (LODI et al., 2012) e reforçam a hipótese já proposta de um movimento entre as áreas de Ilhabela (SP) e Cabo Frio (RJ), aparentemente importante para atividades de forrageio (LODI et al., 1999). Como as reavistagens ocorreram em anos diferentes, os indivíduos provavelmente compõem uma unidade populacional costeira, com um possível padrão de residência e/ou fidelidade à área, conforme já indicado por LODI et al. (2012). No entanto, outros registros da espécie foram realizados pelo PMC-BS em áreas oceânicas. O movimento do indivíduo 34# é o primeiro registro de um deslocamento de distanciamento da costa, o que pode indicar movimentos oportunísticos de forrageio ou uso de áreas muito maiores do que as utilizadas com frequência próxima à costa.

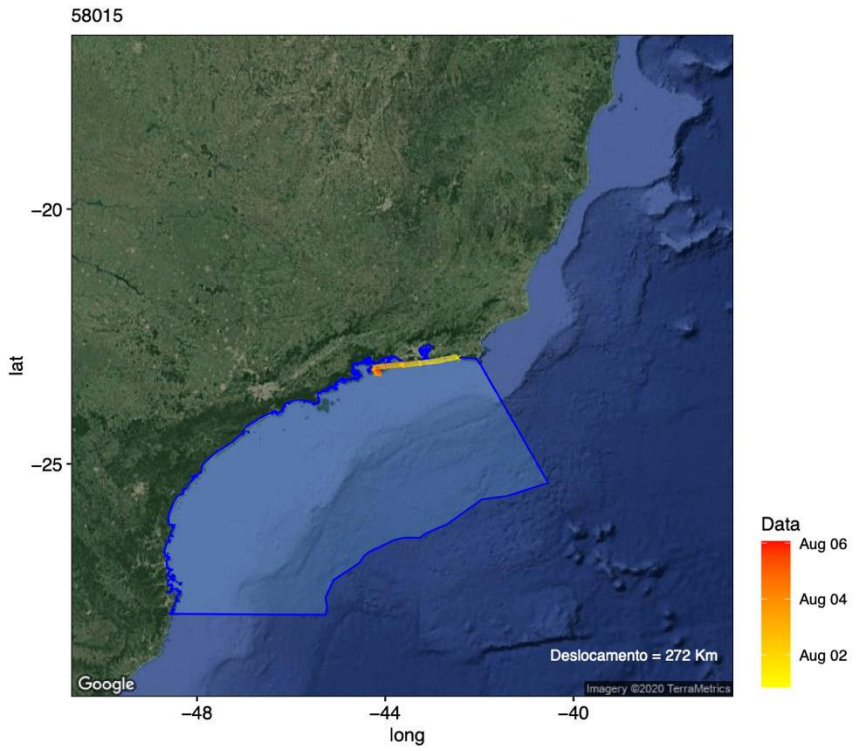


Figura V-76: *Movimentos de* ***Steno bredanensis*** *na Bacia de Santos obtidos de dois indivíduos marcados com transmissores satelitais em 2018.*

Movimentos de Tursiops truncatus

O indivíduo 16# foi registrado pela primeira vez no dia 25/02/2016, e reavistado em 17/03/2016, na mesma campanha. As posições geográficas desses dois registros indicaram um deslocamento mínimo de 100 km ao sul. Os registros ocorreram em um intervalo maior que 20 dias, sendo o primeiro no início da campanha e o segundo no final da campanha (**Figura V-77**). No 3º ciclo, houve outros 3 *matchs* para *T. truncatus*, sendo dois dentro da mesma campanha e um entre campanhas, com intervalo de 1 ano entre eles. Os indivíduos catalogados como 143# e 147# foram registrados no dia 14/02/2017 no mesmo grupo, e novamente no dia seguinte, a aproximadamente 5 km ao sul (**Figura V-78**). Já o indivíduo 27#, registrado no dia 25/02/2016 nas proximidades de Paranaguá (PR), foi novamente registrado no dia 14/02/2017, quase um ano depois, a aproximadamente 700 quilômetros ao norte do primeiro registro, próximo a Cabo Frio (RJ). Esse *match* de *T. truncatus* (27#) pode indicar um momento anterior de um possível padrão de movimento norte-

sul que se repete entre anos, já que o registro ocorreu 11 dias antes do registro do ano anterior. Um terceiro registro do 27# ocorreu no dia 28/01/2019, nas proximidades de Ilha Grande/RJ (**Figura V-78**). Os três registros aconteceram em áreas costeiras, embora a forma da nadadeira dorsal seja típica do ecótipo oceânico da espécie (SIMÕES-LOPES et al., 2019). Isso sugere que o ecótipo oceânico utiliza áreas costeiras com frequência.

No 4º ciclo não foram identificados indivíduos já catalogados. No entanto, por meio de comparação de catálogos, o indivíduo 67#, registrado em 05/03/2016, foi identificado em 03/04/2014 pelo Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro (PBGRJ) (**Figura V-77**). Esses registros ocorreram a uma distância de aproximadamente 120 km, próximo à costa do Rio de Janeiro. O indivíduo foi registrado em outras 2 oportunidades pelo PBGRJ, sugerindo tratar-se de uma população transiente e costeira, com algum grau de fidelidade ao Arquipélago das Cagarras (RJ) (LODI et al., 2014).

O segundo registro por comparação de catálogo para *T. truncatus* foi do indivíduo 190#, fotoidentificado em 30/01/2017 nas proximidades de Itajaí/SC (**Figura V-77**). O indivíduo é observado sistematicamente desde 2007 pelo projeto de monitoramento da população residente de *T. truncatus* em Laguna/SC, a aproximadamente 200 km ao sul, realizado pelo Laboratório de Mamíferos Aquáticos da Universidade Federal de Santa Catarina. Este registro do PMC sugere que indivíduos da população residente de Laguna abandonam a área temporariamente. Embora possa ser um movimento ocasional, esta é uma novidade não observada pelos estudos que monitoram continuamente parâmetros populacionais daquela população e que tem sugerido um alto grau de residência ao Complexo Lagunar de Santo Antônio dos Anjos-Imaruí-Mirim (DAURA-JORGE et al. 2013), assim como os estudos genéticos que sugerem alto grau de isolamento desta população costeira (FRUET et al. 2014).

No 5º Ciclo foi observada uma nova reavistagem de *Tursiops truncatus* entre Campanhas. O indivíduo 103# foi observado pela primeira vez em 17/08/2016 e observado novamente em 05/11/2017 (**Figura V-77**). O mesmo indivíduo já vem sendo registrado nas proximidades do Arquipélago das Cagarras (RJ) desde 2004 pelo Projeto Baleias e Golfinhos do Rio de Janeiro (PBGRJ), sendo observado nessa área também em 2015 e 2016.

Por meio da comparação de catálogos entre PMC e PBGRJ, dois novos indivíduos (205# e 206#), observados no mesmo grupo do indivíduo 103# durante a 5ª Campanha de Telemetria, também foram identificados no catálogo do PBGRJ. O indivíduo 205# foi registrado 47 vezes entre 2004 e 2016 pelo PBGRJ na área, enquanto o indivíduo 206# vem sendo registrado pelo PBGRJ desde 2015. Todos os registros do PMC são em áreas costeiras, próximos ao Arquipélago das Cagarras e Ilha Grande. Estes registros reforçam a proposta de ocorrência de uma população costeira e transiente na área, com algum grau de fidelidade ao Arquipélago das Cagarras e adjacências (LODI et al. 2014; **Figura V-77**).

O indivíduo 142#, avistado em 14/02/2017 em Cabo Frio (RJ), foi reavistado em 26/01/2019 nas proximidades de Ilhabela (**Figura V-77**). A observação no mesmo grupo do indivíduo 27#, que teve seu terceiro *match* na 8ª Campanha de Telemetria, e do 142# no dia 14/02/2017, permite sugerir que os indivíduos avistados na 8ª Campanha de Telemetria sejam do mesmo grupo, porém observados em dias diferentes, em um deslocamento costeiro em direção ao norte. Assim, este é mais um registro confirmando o uso de ambientes costeiros de forma frequente por indivíduos do ecótipo oceânico. Este padrão é reforçado pelas reavistagens que seguem.

O indivíduo 185# foi observado em 20/07/2017 em Cabo Frio e reavistado na mesma área no dia 01/02/2019, também nas proximidades de Cabo Frio (RJ). O indivíduo 271# foi avistado no dia 28/07/2018 nas proximidades do Arquipélago das Ilhas Cagarras (RJ), e reavistado em 26/01/2019, nas proximidades de Ilhabela (SP). O 370# foi avistado no dia 26/01/2019, junto com o 271#, próximo a Ilhabela (SP), e reavistado na mesma campanha, no dia 04/02/2019, no Arquipélago das Ilhas Cagarras (RJ). Assim, a reavistagem do indivíduo 271# sugere um padrão de movimento entre o Arquipélago de Cagarras e Ilhabela que é confirmado pelo movimento observado em uma mesma Campanha do ID370# (**Figura V-78**). Estes registros poderiam reforçar a proposta de ocorrência de uma população costeira e transiente na área, com algum grau de fidelidade ao Arquipélago das Cagarras e adjacências (LODI et al. 2014). A forma da nadadeira dorsal destes indivíduos também é nitidamente semelhante ao padrão do ecótipo oceânico.

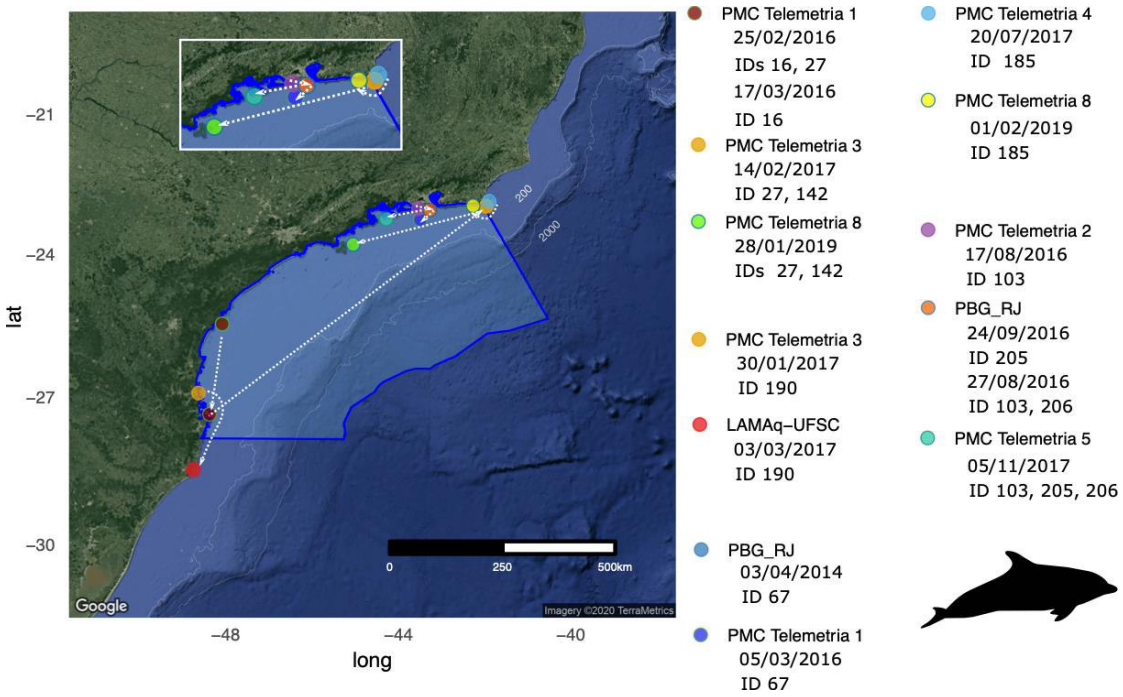


***Figura V-77**: Localização de reavistagens de nove indivíduos de **Tursiops truncatus**, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens.*

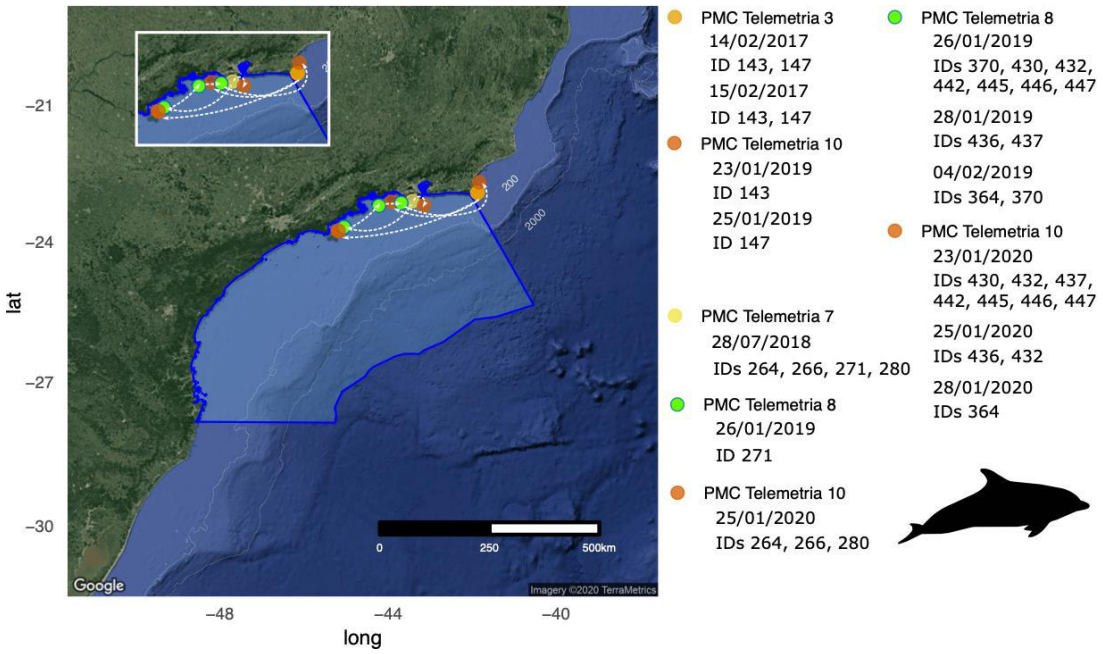


***Figura V-78:** Localização de reavistagens de 13 indivíduos de **Tursiops truncatus**, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens.*

A marcação de 16 *Tursiops truncatus* contou com transmissores na configuração Limpet. Esta é a espécie com o maior número de transmissores satelitais instalados até o momento. Contudo, não houve a transmissão de dados para três animais. A duração do monitoramento variou de 2 a 20 dias e todos os indivíduos realizaram movimentos latitudinais.

Dentre os 13 transmissores que funcionaram, 12 indivíduos foram marcados na região costeira e apenas um indivíduo foi marcado na região oceânica, próximo do talude (147,5 metros de profundidade). A distância média percorrida foi de 58,3 km/dia, variando de 7,1 a 120,7 km/dia. A duração dos transmissores variou bastante, de 2 a 20 dias de monitoramento. A maioria dos animais marcados se movimentou ao longo da costa sul e sudeste da Bacia de Santos, entre 22,2º a 28,4°S. Desses, três animais se movimentaram entre o Paraná e Santa Catarina (PTT 158551, marcado em 25/02/2016; PTT 162632, fêmea marcada em 24/02/2017; PTT 162637, marcado em 24/02/2017), um animal permaneceu ao longo da costa de Santa Catarina (PTT 158544, marcado em 17/03/2016), cinco animais se movimentaram ao longo da costa do Rio de Janeiro (PTT 162634 fêmea marcada em 14/02/2017; PTT 166663, marcado em 20/07/2017; PTT 34751, marcado em 30/03/2018; PTT 34754, marcado em 03/04/2018; e PTT 58008 marcado em 28/01/2020), e dois indivíduos se movimentaram entre a costa de São Paulo e Rio de Janeiro (PTT 166665, marcado em 30/03/2018; PTT 58017, marcado em 28/07/2018). O PTT 162631, marcado em 06/09/2916 próximo ao talude, foi monitorado apenas por quatro dias, período no qual se manteve na mesma região. Apenas um indivíduo (PTT 162636), marcado em 28/07/2018, movimentou-se por uma longa distância, percorrendo 1.810 km, com uma média de 120,7 km/dia. Seguiu em direção à costa do Rio Grande do Sul, até a latitude de 31ºS.

Os indivíduos PTT 58017 e PTT 162636 foram marcados no mesmo grupo no inverno, na latitude 23,0598ºS. Os dados sugerem que eles se mantiveram no mesmo grupo por pelo menos três dias e então se separaram. Cinco dias depois da marcação, o PTT 162636 deslocou-se para o sul, até a latitude de 31ºS durante seis dias, e o PTT 58017 se movimentou para o norte, até a

latitude de 22,914ºS. Ambos permaneceram próximo à costa. O PTT 162632 e o PTT 162637 também foram marcados durante o verão no mesmo grupo próximo à Ilha de Florianópolis (27,3116ºS). Os dados indicam que eles se mantiveram no mesmo grupo por pelo menos sete dias. O movimento do PTT 166665 também foi similar ao do PTT 34751. Esses indivíduos também foram marcados no verão no mesmo grupo na latitude de 23,0405^0 S. Neste caso, os dados indicam que a permanência dentro de um grupo se prolongou por pelo menos 11 dias, período no qual se movimentaram ao longo da costa.

Todos os indivíduos marcados tinham um padrão de coloração típico do ecótipo oceânico da espécie (SIMÕES-LOPES et al., 2019) e as biópsias, coletadas de indivíduos de todos os grupos, indicam que eles apresentam haplótipos do ecótipo oceânico na região controle do DNA mitocondrial. Os dados apontam que o ecótipo oceânico de *T. truncatus* realiza deslocamentos latitudinais de longa distância, com uma extensa área de vida ao longo da costa sul e sudeste do Brasil. O único indivíduo marcado na região oceânica transmitiu por um período bastante reduzido, o que dificultou a análise mais detalhada de seus movimentos. Durante quatro dias, o animal permaneceu na mesma região em que foi marcado.

Os dados de 9 indivíduos (animais com períodos muito reduzidos de monitoramento não foram descartados da análise) foram utilizados para o modelo hierárquico de estado-espaço e permitiram identificar a ocorrência dos dois padrões comportamentais classificados pelo modelo, sendo identificadas três áreas de permanência (ARS – *area restricted-search*), que podem estar relacionadas a comportamentos de alimentação e/ou reprodução, e duas áreas de deslocamento/movimentação, uma no sul de São Paulo e outra no norte do Rio Grande do Sul **(Figura V-79).** Este resultado reforça a hipótese levantada pelos dados de fotoidentificação, ou seja, de que os animais apresentam algum grau de fidelidade ao longo do litoral da Bacia de Santos.

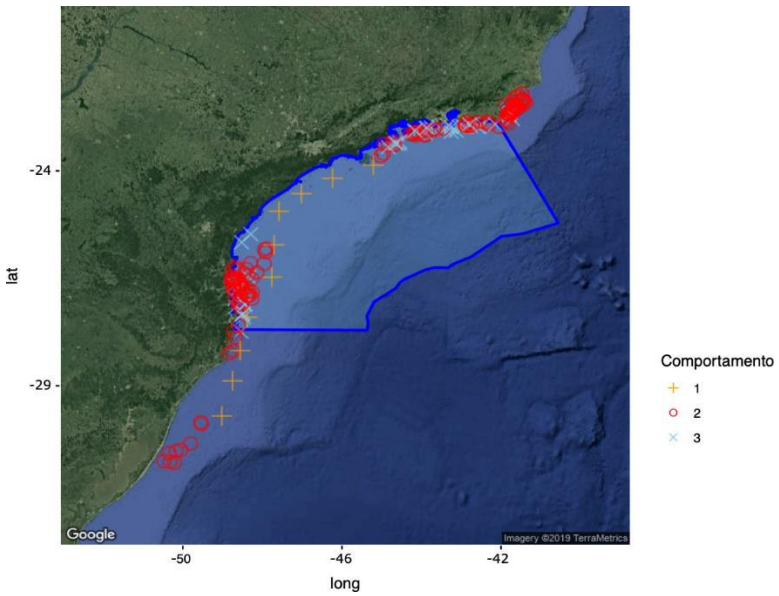


Figura V-79: *Estados comportamentais estimados para* ***Tursiops truncatus*** *na Bacia de Santos pelo modelo hierárquico de estado-espaço ajustados aos dados obtidos pelos transmissores satelitais em dez indivíduos marcados nos anos de 2016, 2017 e 2018. Os estados comportamentais estimados pelo modelo são 1 = Transiting (deslocamento); 2 = ARS (area restricted-search); 3 = padrão indefinido.*

Todas as reavistagens de fotoidentificação mostraram movimentos no sentido norte-sul ocorrendo justamente dentro das áreas de maior intensidade de uso identificadas pela telemetria satelital, que são a região entre o sul do Rio de Janeiro e o norte de São Paulo e entre o Paraná e o norte de Santa Catarina. O indivíduo 27# sugere um movimento semelhante ao registrado pelo PTT 161636, ou seja, cruzando a região entre as áreas de maior intensidade de uso. Caso o padrão de movimento, em termos sazonais e direcionais, se repita em anos seguintes, ele deve indicar um evento condicionado ao movimento de presas específicas. Uma avaliação da sazonalidade e distribuição de atividades de pesca na área pode contribuir para apontar qual ou quais presas poderiam estar motivando esses movimentos.

Tursiops truncatus é uma espécie de ampla distribuição. Ela ocorre em águas tropicais e temperadas e ocupa uma variedade de habitats, incluindo águas pelágicas, baías costeiras e estuários ao longo de toda a sua distribuição. No Brasil, a espécie está distribuída de forma contínua ao longo

da costa de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde o ecótipo costeiro forma populações residentes em quatro diferentes sistemas estuarinos, desde Laguna, SC, até a Lagoa dos Patos, RS (SIMÕES-LOPES; FABIÁN, 1999; FRUET et al., 2014), que são as mais conhecidas em todo o Atlântico Sul Ocidental. Contudo, a espécie está presente em todo o litoral brasileiro, o que pode ser evidenciado principalmente pela ocorrência de animais mortos nas praias e de registros pontuais de animais vivos. A fotoidentificação ajudou a descrever movimentos de indivíduos do ecótipo costeiro a uma distância de até 314 km, entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SIMÕES-LOPES; FABIÁN, 1999).

No litoral do Rio de Janeiro, houve o registro do deslocamento de oito indivíduos por uma distância de 100 km ao longo da costa (LODI et al., 2008). Em Florianópolis (SC), também há registros de grupos com até 200 indivíduos próximos à costa (WEDEKIN et al., 2008). A região oceânica proporciona registros pontuais de ocorrência da espécie, não havendo informações disponíveis sobre os padrões de distribuição e movimento de tais populações (WEDEKIN et al., 2014).

Movimentos de Stenella frontalis

A primeira reavistagem de *Stenella frontalis*, indivíduo 83#, ocorreu apenas no 6º ciclo, embora seja uma das espécies mais frequentes nos registros de fotoidentificação. Este foi o primeiro relato de movimento individual registrado para a espécie em águas brasileiras, que é observada com frequência ao longo da plataforma continental (MORENO et al., 2005). O primeiro registro ocorreu em 25/07/2017, enquanto o segundo ocorreu no dia 28/03/2018 (**Figura V-80**). Apesar do intervalo de 9 meses entre um registro e outro, a distância entre eles foi de apenas 30 km, sugerindo que uma mesma área foi revisitada em momentos subsequentes.

A 7ª Campanha de Telemetria permitiu o registro de outras 13 reavistagens de *Stenella frontalis* (**Figura V-80**). Desses, alguns são reavistagens de grupos previamente observados, porque mais de um indivíduo já catalogado foi observado novamente. Os indivíduos 35#, 42# e 38# foram registrados em

16/08/2016, no mesmo grupo, nas proximidades de Paraty (RJ), e novamente em 26/07/2018, a 65 km de distância, nas proximidades da Ilha Anchieta, em Ubatuba (SP), também no mesmo grupo. Os indivíduos 65# e 69# foram registrados em 18/02/2017 nas proximidades de Ilhabela (SP), e em 23/07/2018, a 170 km de distância, ao sul de Santos (SP). Os indivíduos 126#, 129#, 140#, 142# e 143# foram observados no mesmo grupo em 28/03/2018, nas proximidades de Ilhabela, e reavistados em 26/07/2018, a 45 km de distância, nas proximidades da Ilha Anchieta, Ubatuba (SP). O indivíduo 144# foi registrado em 28/03/2018, no mesmo grupo dos indivíduos 126#, 129#, 140#, 142# e 143#, nas proximidades de Ilhabela, e reavistado em 02/08/2018, a 100 km de distância, nas proximidades de Paraty (RJ). Por fim, o indivíduo 146# foi avistado no dia 26/07/2018, nas proximidades de Paraty (RJ), e reavistado no dia 02/08/2018, na mesma campanha, nas proximidades da Ilha Anchieta, Ubatuba (SP).

Existe a possibilidade de que estes registros sejam do mesmo grupo, ou no máximo 2 ou 3 grupos diferentes, que aparentemente visitam essa área costeira próxima a Ilhabela (SP), tanto no verão quanto no inverno. Todos os *matchs* da 7ª Campanha de Telemetria ocorreram nessa área, mesmo que os intervalos entre a primeira e segunda observação tenham sido de até 2 anos, reforçando a ideia de uma relação com o ambiente costeiro (MORENO et al., 2005). No entanto, ao observar os registros de ocorrência da espécie pelo PMC, nota-se uma distribuição ampla ao longo de toda a Bacia de Santos. Assim, os *matchs* aqui observados podem indicar a ocorrência de uma (ou mais) unidade populacional costeira, com algum grau de residência e/ou fidelidade à área adjacente a Ilhabela (SP). Análises genéticas de amostras do PMC, todavia, sugerem uma única população de *S. frontalis* na Bacia de Santos, sem a ocorrência de estruturação entre indivíduos costeiros e oceânicos.

O tamanho reduzido da espécie não permite a marcação remota com transmissores satelitais, portanto, nenhum indivíduo foi marcado.

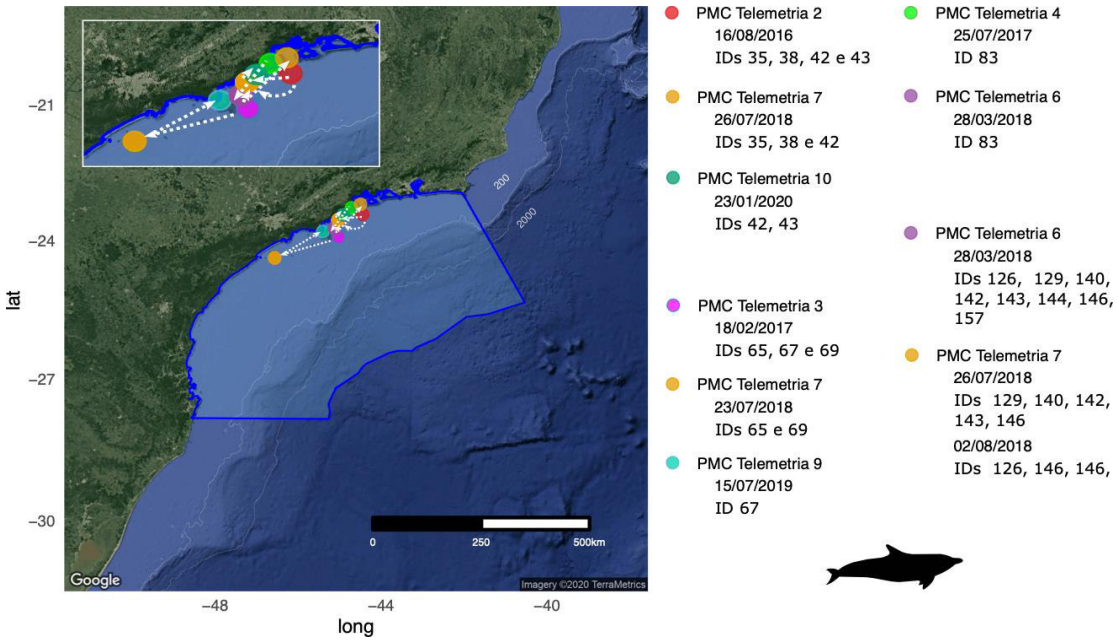


Figura V-80: *Localização das 16 reavistagens de **Stenella frontalis**, e representação de movimentos mínimos entre registros. Zoom para destacar as reavistagens.*

Movimentos de Stenella longirostris

A primeira reavistagem de *Stenella longirostris* ocorreu no 5º ano (**Figura V-81**). O indivíduo 153#, observado em 28/07/2019 nas proximidades da latitude 24 em área oceânica na região do talude continental, foi reavistado em 02/02/2020, também no talude, porém ~400 quilômetros ao sul (~25ºS). *Stenella longirostris* ocorre em águas tropicais, subtropicais e, de forma menos frequente, em águas temperadas. Na costa do Brasil, a ocorrência da espécie em águas mais ao sul provavelmente dependa da influência da corrente do Brasil durante o verão (SECCHI; SICILIANO, 1995). De fato, esta reavistagem caracteriza um movimento norte-sul coincidente com o aumento sazonal das temperaturas.

O tamanho reduzido da espécie não permite a marcação remota com transmissores satelitais, portanto, nenhum indivíduo foi marcado.

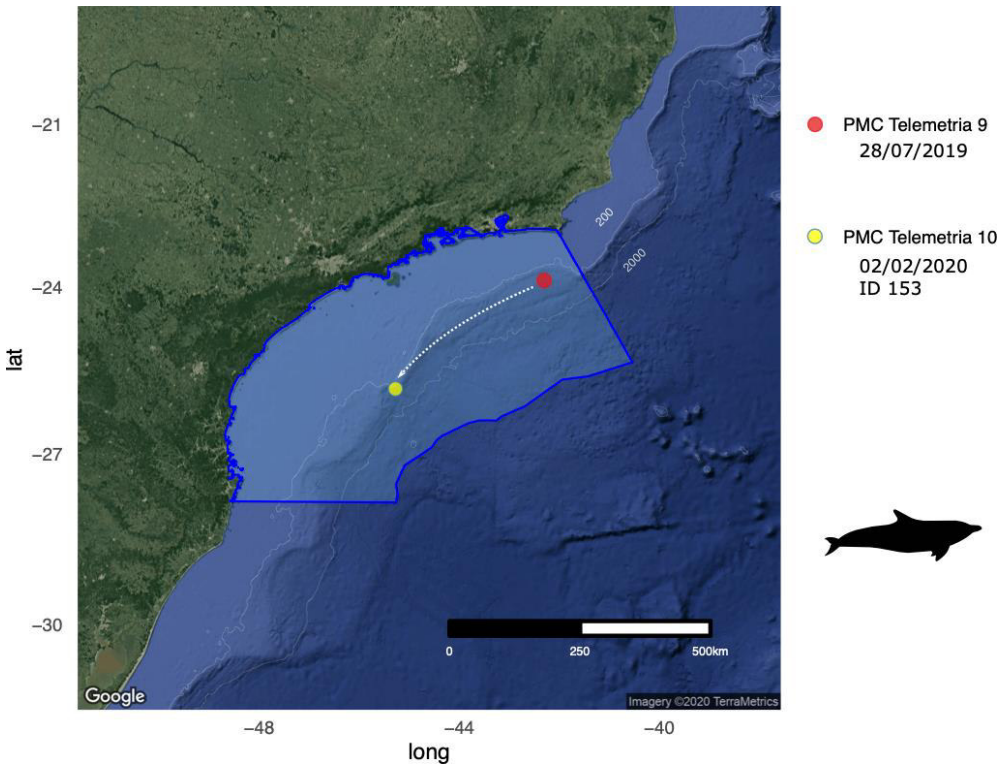


Figura V-81: *Localização da única reavistagem de* ***Stenella longirostris****, e representação da direção do movimento entre registros.*

Movimentos de Delphinus sp.

A primeira reavistagem de *Delphinus* sp. ocorreu no 5º ano (**Figura V-82**). O indivíduo 03#, observado em 28/02/2016 nas proximidades de Ilhabela (SP), e o indivíduo 22#, observado em 10/10/2018 nas proximidades de Peruíbe (SP), ~120 quilômetros ao sul, foram reavistados em 05/02/2020, no mesmo grupo, entre esses dois pontos, nas proximidades de Guarujá (SP). O registro ocorreu em um grupo de ~150 indivíduos e aparenta ser um movimento de um estoque com hábitos costeiros ocorrente no sudeste do Brasil, em profundidades de 18 a 70 metros, geralmente associado a áreas de maior produtividade (TAVARES et al., 2010).

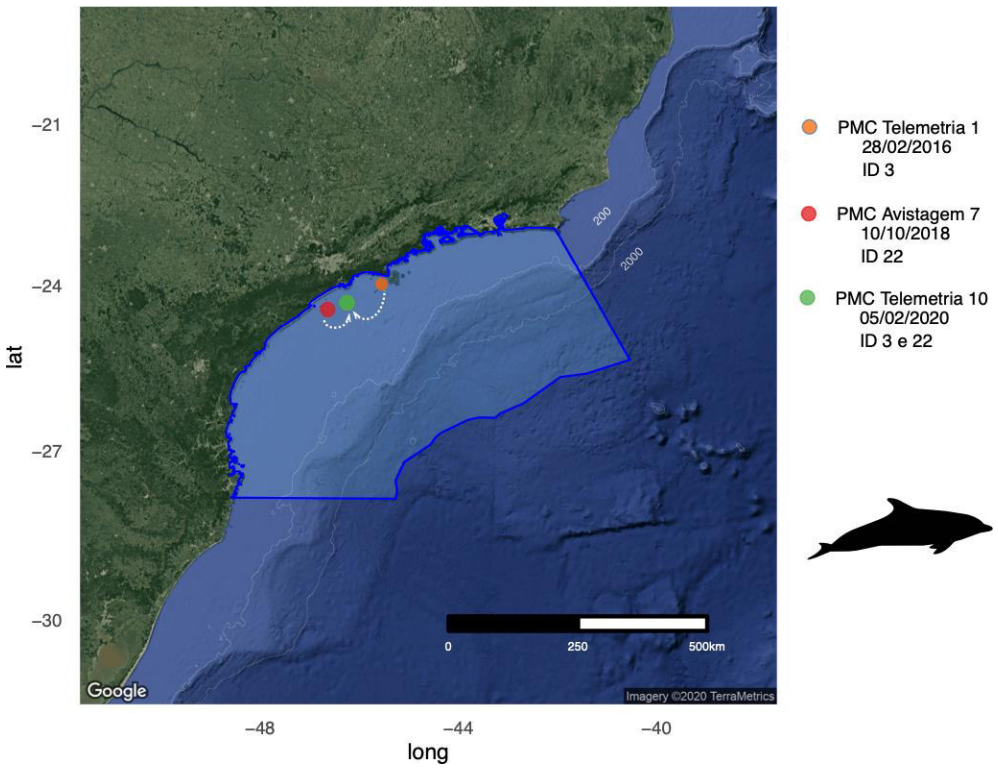


Figura V-82: *Localização das duas reavistagens de* ***Delphinus delphis****, e representação da direção do movimento entre registros.*

V.3 Biologia populacional

V.3.1 Estimativas de densidade e abundância de cetáceos

No âmbito do PMC-BS, o monitoramento populacional consiste em mensurar repetidamente ao longo do tempo a densidade e abundância de populações de interesse. Uma abordagem robusta para estimar parâmetros populacionais como densidade é o método de transecções lineares com amostragem de distâncias (BUCKLAND et al., 2001). Uma vantagem é que este método lida com um problema comum em amostragens de populações animais, que é a detecção imperfeita. Um dos potenciais problemas em contagens ao longo de linhas de transecção é o fato de que a detectabilidade diminui com a distância do observador. Este método procura corrigir este viés considerando o processo de detecção de grupos e a influência da distância e outras variáveis usando uma função/curva de detecção ajustada aos dados.

Este item apresenta as estimativas de densidade e abundância em campanhas de avistagem embarcada e aérea em cinco anos de esforço na Bacia de Santos pelo PMC.

Análise dos dados

Para as campanhas de Avistagem Embarcada, a distância radial de cada grupo de cetáceo foi calculada pelo ângulo horizontal da avistagem e altura dos observadores na torre de observação (7 metros). O ângulo foi obtido pela leitura do número de retículos de binóculos 7x50 e utilizando as conversões de retículos disponíveis na literatura que consideram a curvatura da Terra (LERCZAK; HOBBS, 1998; KINZEY; GERRODETTE, 2001). A distância perpendicular da detecção em relação à linha de transecção, que foi usada para modelar a curva de detecção, foi estimada usando a distância radial do grupo calculada pelo retículo e o ângulo vertical entre a avistagem e a rota do navio, medida por uma alidade.

A abordagem para estimar a distância perpendicular em campanhas de avistagem aérea foi semelhante, porém mais simples. A distância do grupo foi obtida quando o mesmo estava perpendicular à aeronave, dispensando a

mensuração da distância radial. A diferença é que o ângulo vertical foi medido com um clinômetro, que foi usado para obter a distância perpendicular considerando a altura de sobrevoo da aeronave. Para as campanhas de avistagem embarcada, foram excluídas das análises todas as linhas de transecção com menos de 5 milhas náuticas percorridas em esforço.

Uma vantagem das campanhas de Avistagem Aérea é a configuração de observadores independentes, que permitem corrigir o viés de percepção ou a detecção imperfeita causada pela falha do observador em detectar um grupo. Em cada bordo da aeronave, dois observadores realizam o esforço de busca por cetáceos e registro dos grupos avistados de maneira independente, sem qualquer contato entre eles. Dessa forma, é necessário que as avistagens coincidentes entre observadores do mesmo bordo sejam identificadas para que elas sejam contabilizadas uma única vez na análise dos dados, evitando assim inflar as estimativas.

A identificação das avistagens coincidentes é feita a cada troca de posição dos observadores, seja no meio ou no fim da linha de transecção. Para determinar uma avistagem coincidente, os observadores do mesmo bordo conferem os seguintes critérios: (1) horário da avistagem (a diferença entre registros não deve ultrapassar 10 segundos); (2) ângulo vertical (a diferença entre registros não deve ultrapassar 10 graus); e (3) coerência de identificação taxonômica entre observadores, tamanho e comportamento do grupo.

Considerando a grande velocidade da aeronave e o viés de percepção, nas campanhas de avistagem aérea não é possível garantir que a detecção seja perfeita na linha de transecção. Assim, utilizou-se uma abordagem analítica que combina modelos de amostragem de distância e modelos de marcação-recaptura (Mark-Recapture Distance Sampling - MRDS). Esta é uma abordagem amplamente usada para estimar densidade e abundância quando não é possível cumprir essa premissa da abordagem convencional, ou seja, a probabilidade de detecção na distância zero é menor do que um. Esta abordagem permite estimar a probabilidade de detecção na linha e incorporá-la na probabilidade de detecção geral, resultando em melhores estimativas de densidade e abundância.

Os modelos de detecção foram construídos com os dados de distância perpendicular das detecções usando o programa *Distance* (THOMAS et al., 2010). Antes da modelagem, as observações mais distantes foram eliminadas (truncagem de dados), de acordo com a inspeção dos histogramas de distâncias das detecções. Testaram-se modelos que consideram diferentes fatores que podem afetar a distância com que os cetáceos são observados, que foram inseridos nos modelos de detecção como covariáveis (MARQUES & BUCKLAND, 2003). Foram testadas duas funções básicas de detecção: curva meia-normal e curva taxa-de-risco, além de ajustes de série visando melhorar o ajuste das funções de detecção (cosseno, polinomial simples e polinomial de Hermite).

O melhor modelo foi escolhido com base no menor valor de AIC – Critério de Informação de Akaike (BURNHAM & ANDERSON, 2002), que considera o bom ajuste do modelo aos dados e penaliza pelo número de parâmetros no modelo. A diferença no AIC do melhor modelo (Delta AIC = 0) para os outros modelos, que constitui o Delta AIC, determina quais modelos são mais plausíveis. Um Delta AIC de até dois indica os modelos que devem ser considerados como os melhores.

Foram consideradas diferentes covariáveis nos modelos para a curva de detecção em campanhas embarcadas e aéreas (**Tabela V-9**). Como estratégia de modelagem, partiu-se do modelo nulo (mais simples) e posteriormente adicionou-se uma ou no máximo duas covariáveis por modelo.

Tabela V-9: *Variáveis utilizadas para modelar a curva de detecção durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e Aérea do PMC-BS.*

Variável	Descrição	Embarcada	Aérea
Meio de detecção	Olho nu, Binóculo 7x50, Binóculo 15x50	X	
Pista de detecção	Borrifo, corpo ou comportamento aéreo	X	
Visibilidade	Péssima, Ruim, Boa, Excelente	X	
Estado do mar	1 a 5 na escala Beaufort como variável contínua ou categórica	X	
Reflexo do sol	Percentual do través até a proa dos dois bordos com reflexo do sol	X	
Cobertura de nuvens	Percentual do céu encoberto	X	
Estado do tempo	Bom, Parcialmente nublado, nublado sem chuva, chuva fraca	X	
Profundidade	Profundidade da detecção em metros	X	
Distância	Distância perpendicular da detecção em metros		X
Tamanho	Número de indivíduos na detecção		X
Observador	Janela plana, janela bolha		X

Estimativas em campanhas de avistagem embarcada

Um total de 541 linhas de transecção percorridas em dez campanhas foi considerado para as análises, totalizando 28.145,8 milhas náuticas percorridas na Bacia de Santos (**Tabela V-10**). Com os dados de avistagem embarcada foi possível estimar a densidade e abundância na Bacia de Santos para misticetos e delfinídeos, além de outras três espécies que tinham amostra suficiente para rodar os modelos: baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) e golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*).

Tabela V-10: Esforço amostral e dados sobre avistagens de cetáceos observados durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. Notação: mn = milhas náuticas; DP = desvio padrão.

Camp	Estação do ano	Linhas de transecção	Esforço (mn)	Grupos			Indivíduos		Tamanho de grupo	
				Cetáceos (total)	Mysticeti	Delphinidae	Total	Indivíduos por mn	Média ± DP	Min - Máx
1	Primavera / verão	57	2.767,2	47	7	31	335	0,121	7,1 ± 10,8	1 - 50
2	Outono	67	2.941,4	76	28	33	1.215	0,413	16,0 ± 36,1	1 - 200
3	Primavera	53	2.996,3	115	44	47	499	0,167	4,3 ± 6,7	1 - 40
4	Verão / outono	70	2.988,2	56	7	42	860	0,288	15,4 ± 25,5	1 - 100
5	Inverno / primavera	58	2.957,1	119	72	32	1.334	0,451	11,2 ± 65,1	1 - 700
6	Verão	62	3.053,8	68	5	61	1.284	0,420	18,9 ± 31,0	1 - 200
7	Inverno / primavera	64	2.965,9	154	95	39	1.184	0,399	7,7 ± 27,2	1 - 300
8	Verão	54	2.886,8	84	8	69	1.681	0,582	20,0 ± 42,0	1 - 300
9	Inverno / primavera	66	3.029,6	171	106	25	770	0,254	4,5 ± 15,3	1 - 150
10*	Verão	26	1.524,0	37	3	27	646	0,424	17,5 ± 27,3	1 - 120
TOTAL		**577**	**28.110,3**	**927**	**375**	**406**	**9.808**	**0,349**	**10,6 ± 33,9**	**1 - 700**
MÉDIA		**57,7**	**2.881,0**	**92,7**	**37,5**	**40,6**	**98,1**			

** Campanha interrompida em decorrência da pandemia de COVID-19 e, por este motivo, o esforço amostral foi menor do que nas outras campanhas. A Campanha 10 foi retomada entre os dias 29/10 e 16/11/2020 e os resultados deste complemento serão apresentados no RA-6.*

Todas as observações a uma distância maior que 2.000 metros da linha de transecção foram eliminadas para os dados de misticetos. Foram construídos um total de 17 modelos para a curva de detecção de misticetos na Bacia de Santos (**Tabela V-11**). O melhor modelo teve como variáveis explanatórias a pista de detecção, o meio de detecção e a visibilidade em escala contínua.

O melhor modelo prevê que os grupos avistados com binóculos, apresentando comportamento aéreo e com visibilidade boa e ótima, tendem a ser avistados a uma distância maior da linha de transecção. Em contraste, os grupos detectados pela visualização do seu corpo, a olho nu e com visibilidade ruim, tendem a ser observados a menor distância da embarcação.

Tabela V-11: *Modelos de detecção para misticetos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). Notação: k = número de parâmetros; (cat) = variável categórica; (cont) = variável contínua.*

Modelo	k	AIC	Delta AIC
Pista de detecção + Meio detecção + Visibilidade (cont)	6	4.733,2	0,0
Pista de detecção + Meio de detecção	5	4.757,1	23,9
Pista de detecção + Visibilidade (cont)	4	4.758,5	25,3
Pista de detecção + Visibilidade (cat)	6	4.762,4	29,2
Pista de detecção + Beaufort (cat)	8	4.771,4	38,2
Pista de detecção	3	4.781,2	48,0
Visibilidade (cont)	2	4.788,8	55,5
Visibilidade (cat)	4	4.792,7	59,5
Meio de detecção	3	4.793,3	60,1
Beaufort (cat)	6	4.794,6	61,4
Táxon	10	4.798,0	64,8
Nulo	2	4.800,5	67,3
Reflexo	2	4.807,0	73,8
Beaufort (cont)	2	4.807,6	74,4
Tempo (cont)	2	4.807,6	74,4
Nuvens	2	4.808,3	75,0
Tempo (cat)	5	4.813,2	79,9

A densidade estimada média de misticetos foi de 0,44 indivíduos por 100 km^2, variando entre as campanhas de 0,01 a 1,04 indivíduos por 100 km^2 (**Tabela V-12**). A abundância e densidade de grandes baleias variou entre as campanhas, com maior abundância nas campanhas em estações mais frias do inverno e início da primavera, com sazonalidade bastante evidente após a Campanha 5, quando as campanhas foram em períodos fixos, sempre no verão ou inverno (**Tabela V-12**). No período mais frio, com abundância maior de baleias, as estimativas variaram entre 2.358 e 2.732 baleias. As campanhas que abrangeram o verão apresentaram abundâncias menores e, devido aos hábitos não migratórios da baleia-de-Bryde, podem ser consideradas estimativas para esta espécie, variando entre 202 (IC 95% = 52 – 777) e 284 indivíduos (IC 95% = 152 – 533).

Tabela V-12: *Estimativa de densidade e abundância de misticetos durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.*

Camp	Detecções	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km^2	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
1	7	0,09	0,05 – 0,18	261	141 – 482	30,7
2	24	0,32	0,23 – 0,44	843	611 – 1.163	15,9
3	38	0,49	0,31 – 0,79	1.303	813 – 2.089	23,4
4	7	0,09	0,03 – 0,31	242	72 – 807	64,8
5	68	0,89	0,64 – 1,25	2.358	1.692 – 3.286	16,5
6	4	0,05	0,02 – 0,14	135	49 – 373	52,9
7	82	1,04	0,73 – 1,48	2.732	1.920 – 3.888	17,6
8	8	0,11	0,06 – 0,20	284	152 – 533	31,4
9	80	1,03	0,66 – 1,63	2.719	1.726 – 4.283	22,7
10	3	0,08	0,02 – 0,29	202	52 – 777	69,2

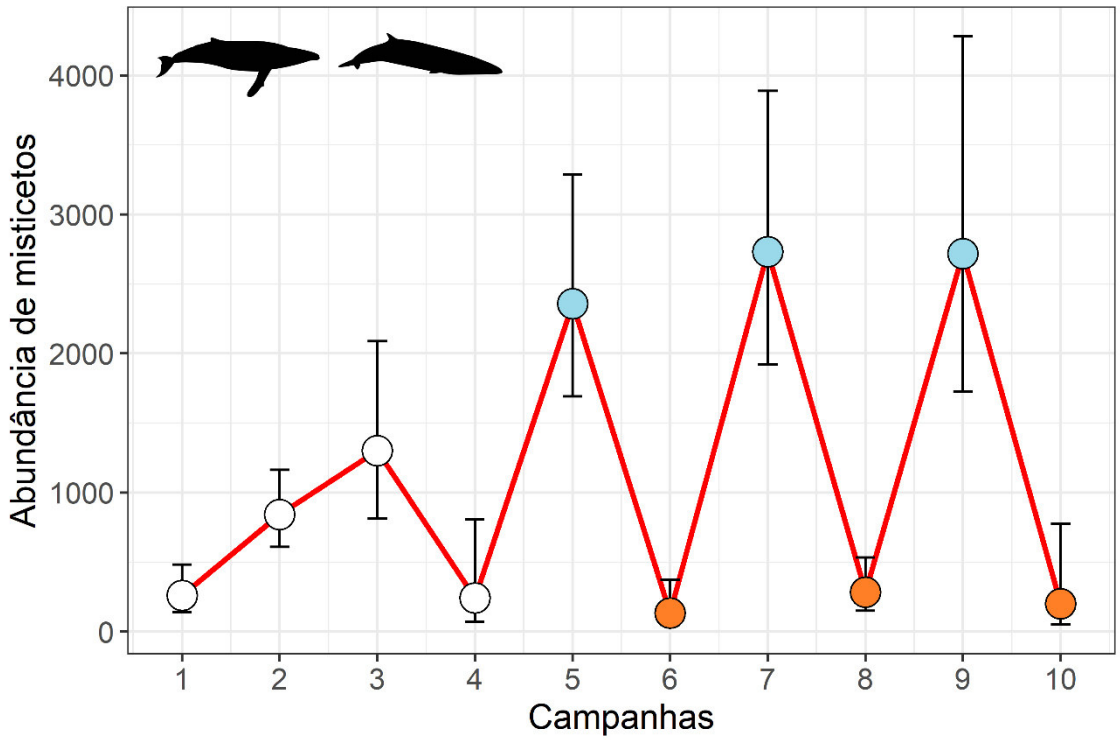


Figura V-83: *Abundância de misticetos observados ao longo das Campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. Círculos preenchidos em azul indicam campanhas realizadas no inverno/primavera e círculos preenchidos em laranja no verão.*

Para a baleia-jubarte, o melhor modelo de detecção considerou a visibilidade como covariável contínua e o meio de detecção. Foram feitas estimativas para as campanhas com avistagens da espécie, que abrangeram os meses de junho a novembro (**Tabela V-13**). Não houve avistagens da espécie nas campanhas 1, 4, 6 e 10, portanto, elas não foram consideradas nas análises. As campanhas 7 e 8 foram as que apresentaram as maiores estimativas para a espécie, com média de 1.396 e 1.486 baleias estimadas, respectivamente.

Tabela V-13: *Estimativa de densidade e abundância da baleia-jubarte durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.*

Camp	Detecções	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km²	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV %
2	5	0,061	0,024 – 0,152	160	64 – 401	47,4
3	14	0,166	0,091 – 0,304	437	238 – 802	30,3
5	33	0,395	0,290 – 0,540	1042	764 – 1.422	15,5
7	46	0,530	0,327 – 0,860	1396	860 – 2.266	24,2
8	1	0,012	0,002 – 0,067	32	6 – 178	99,6
9	48	0,564	0,286 – 1,114	1486	752 – 2.935	34,4

Todas as observações mais distantes de 1.000 metros da linha de transecção foram eliminadas para a construção da curva de detecção de delfinídeos. Foram construídos 13 modelos de detecção utilizando diferentes covariáveis (**Tabela V-14**). O melhor modelo considerou o táxon como variável importante afetando a distância das detecções. Este modelo prevê que determinadas espécies, como o golfinho-de-Risso (*Grampus griseus*), a orca (*Orcinus orca*) e o boto-cinza (*Sotalia guianensis*), são avistados a distâncias maiores da linha de transecção do que outras espécies ou gêneros de delfinídeos.

Tabela V-14: *Modelos de detecção para delfinídeos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). Notação: k = número de parâmetros; (cat) = variável categórica; (cont) = variável contínua.*

Modelo	k	AIC	Delta AIC
Táxon	16	32,0	0,0
Táxon + Meio de detecção	18	36,0	4,0
Meio de detecção	3	4.481,9	4.449,9
Nulo	2	4.490,1	4.458,1
Visibilidade (cat)	4	4.497,0	4.465,0
Visibilidade (cont)	2	4.509,3	4.477,3
Reflexo	2	4.523,7	4.491,7
Beaufort (cont)	2	4.525,3	4.493,3
Nuvens	2	4.528,2	4.496,2

Modelo	k	AIC	Delta AIC
Beaufort (cat)	7	4.528,4	4.496,4
Tempo (cat)	4	4.528,7	4.496,7
Tempo (cont)	2	4.529,9	4.497,9
Pista de detecção	3	4.501,0	4.533,0

As estimativas de abundância de delfinídeos oscilaram de 23 a 44 mil indivíduos ao longo das campanhas do PMC (**Tabela V-15**). As campanhas realizadas no verão apresentaram as maiores abundâncias, enquanto as realizadas no final do inverno e início da primavera apresentaram as menores densidades (**Figura V-84**).

Tabela V-15: *Estimativa de densidade e abundância de delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.*

Camp	Detecções	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km²	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV %
1	30	9,70	5,23 – 17,9	25.529	13.779 – 47.297	31,9
2	32	9,76	5,62 – 16,9	25.704	14.800 – 44.640	28,6
3	41	12,2	7,2 – 20,8	32.137	18.872 – 54.728	27,6
4	40	11,9	6,9 – 20,7	31.559	18.278 – 54.488	28,3
5	28	8,4	4,4 – 15,9	22.194	11.712 – 42.056	28,3
6	49	14,3	8,1 – 25,5	37.782	21.267 – 67.124	29,8
7	34	9,7	5,5 – 17,2	25.653	14.529 – 45.293	29,5
8	51	15,7	8,9 – 27,8	41.437	23.444 – 73.238	29,5
9	22	6,5	3,6 – 11,6	17.064	9.504 – 30.635	30,3
10	21	12,3	6,5 – 23,2	32.271	17.045 – 61.097	32,7

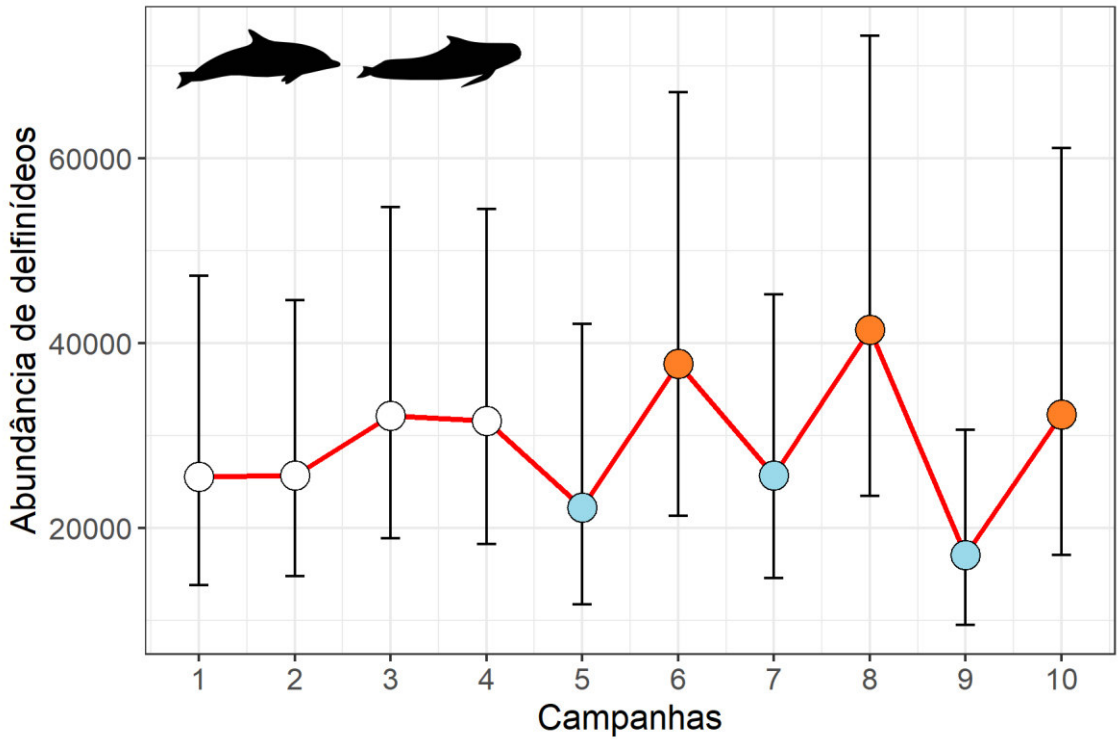


Figura V-84: *Abundância de delfinídeos observados ao longo das Campanhas de Avistagem Embarcada do PMC-BS entre 2015 e 2020. Círculos preenchidos em azul indicam campanhas realizadas no inverno/primavera e círculos preenchidos em laranja no verão.*

As detecções do golfinho-pintado-do-Atlântico mais distantes que 1.000 metros da linha de transecção foram eliminadas. O melhor modelo para o golfinho-pintado-do-Atlântico foi a curva taxa de risco sem nenhuma covariável afetando a distância de detecção (**Figura V-85**). A abundância estimada variou entre as campanhas de 4.197 a 28.594 indivíduos (**Tabela V-16**).

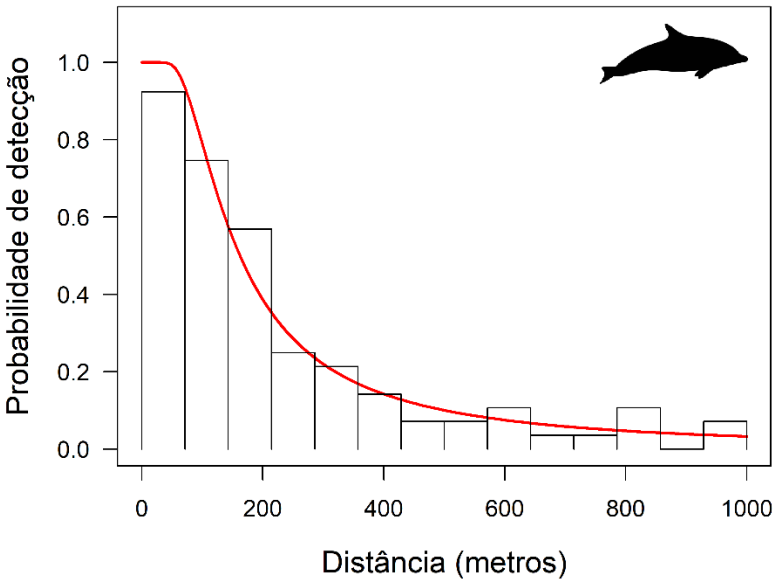


Figura V-85: *Curva de detecção do golfinho-pintado-do-Atlântico nas Campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS.*

Tabela V-16: *Estimativa de densidade e abundância do golfinho-pintado-do-Atlântico durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.*

Camp	Detecções	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km²	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
1	7	4,2	1,3 – 13,8	11.045	3.359 – 36.314	64,0
2	9	5,1	2,5 – 10,4	13.404	6.539 – 27.476	37,1
3	6	3,3	1,6 – 6,9	8.720	4.209 – 18.069	37,6
4	15	8,3	4,8 – 14,4	21.943	12.666 – 38.015	28,3
5	6	3,3	1,4 – 7,8	8.818	3.776 – 20.593	44,2
6	20	10,9	5,1 – 23,1	28.594	13.426 – 60.898	39,1

Camp	Detecções	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km²	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
7	3	1,6	0,4 – 5,7	4.197	1.170 – 15.051	70,0
8	14	8,0	3,8 – 16,8	21.091	10.051 – 44.257	38,3
9	4	2,2	0,7 – 7,2	5.818	1.774 – 19.081	64,1
10	10	10,8	4,47 – 26,2	28.493	11.766 – 69.001	44,6

As detecções do golfinho-nariz-de-garrafa mais distantes que 700 metros da linha de transecção foram eliminadas. O melhor modelo para a espécie considerou o estado do mar na escala Beaufort afetando a distância de detecção (**Figura V-86**). Em mares mais calmos (Beaufort 2), a probabilidade de detecção a distâncias maiores da linha de transecção foi superior a mares mais agitados. A abundância da espécie variou entre as campanhas de 2.339 a 12.949 indivíduos (**Tabela V-17**).

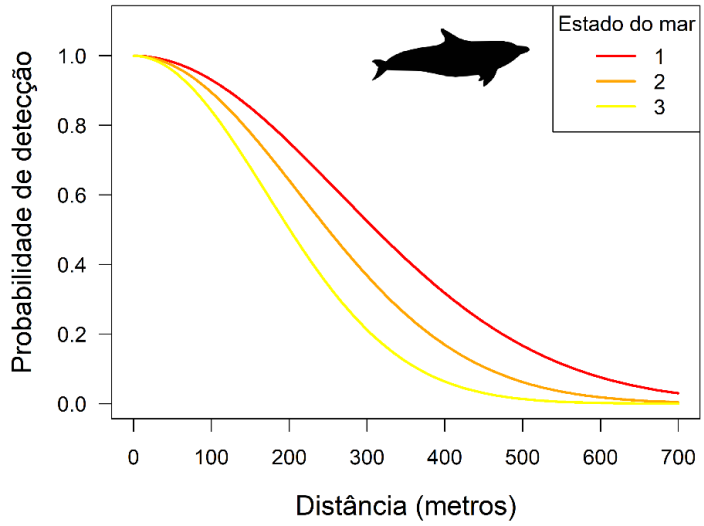


Figura V-86: *Curva de detecção do golfinho-nariz-de-garrafa nas Campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC-BS.*

Tabela V-17: *Estimativa de densidade e abundância do golfinho-nariz-de-garrafa durante as campanhas de Avistagem Embarcada em cinco anos do PMC - BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.*

Camp	Detecções	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km²	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV %
1	2	0,9	0,2 – 4,5	2.339	461 – 11.877	78,6
2	3	1,1	0,3 – 3,6	2.789	818 – 9.512	60,5
3	3	1,4	0,4 – 5,3	3.636	943 – 14.023	66,6
4	3	1,3	0,3 – 5,5	3.368	779 – 14.569	80,0
5	2	0,9	0,2 – 5,4	2.473	427 – 14.329	92,9
6	5	2,0	0,7 – 5,6	5.245	1.868 – 14.720	52,8
7	4	1,5	0,5 – 4,9	3.929	1.196 – 12.908	62,3
8	7	2,9	1,1 – 7,5	7.589	2.903 – 19.842	50,1
9	8	4,9	2,0 – 11,9	12.949	5.355 – 31.310	45,2
10	2	1,4	0,3 – 6,9	3.779	785 – 18.187	68,9

Estimativas em campanhas de avistagem aérea

Nas dez primeiras campanhas de avistagem aérea foram amostradas 163 linhas de transecção, totalizando 57.177,89 km de esforço de procura por cetáceos (**Tabela V-19**). Os dados obtidos nessas campanhas de avistagem aérea permitiram estimar a densidade e abundância para misticetos e delfinídeos. Foram avistados 641 grupos de cetáceos no total, sendo 182 de misticetos e 299 de delfinídeos.

Todas as observações com distâncias menores que 71 metros (início da sobreposição entre os observadores das janelas bolha e plana) e maiores que 700 metros da linha de transecção foram eliminadas dos dados de misticetos, restando 107 observações. Foram considerados cinco modelos para a curva de detecção de misticetos na Bacia de Santos (**Tabela V-19**). Os valores de AIC indicaram que o modelo MRDS com melhor ajuste foi o modelo de amostragem de distâncias com a função taxa de risco sem variáveis explanatórias; e o modelo marcação-recaptura com a covariável observador (**Figura V-87**).

A densidade e abundância de misticetos variaram consideravelmente entre as campanhas do PMC, de acordo com as estações do ano. A densidade estimada de grandes baleias na Bacia de Santos variou nas campanhas entre 0,07 e 1,52 indivíduos por km^2 (**Tabela V-20**). As campanhas que abrangeram o inverno (Campanhas 7 e 9) foram as que apresentaram as maiores estimativas de abundância de misticetos. A abundância estimada variou entre as campanhas de 187 a 4.215 indivíduos (**Figura V-88**).

Tabela V-18: *Modelos de detecção para misticetos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike). MR = modelo de marcação-recaptura.*

Modelo	Delta AIC	AIC
Nulo (taxa de risco); MR Observador	0,0	1.563,7
Nulo (taxa de risco); MR Distância + Tamanho	3,3	1.567,0
Nulo (taxa de risco); MR Distância	5,8	1.569,5
Tamanho (taxa de risco); MR Distância	7,7	1.571,4
Nulo (meia-normal); MR Distância	8,3	1.572,0

Tabela V-19: *Esforço amostral e dados sobre avistagens de cetáceos observados durante as campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. Camp = campanha; km = quilômetros; DP = desvio padrão.*

Camp	Estação do ano	Linhas de transecção	Esforço[1] (km)	Grupos[2]			Indivíduos		Tamanho de grupo	
				Cetáceos (total)	Mysticeti	Odontoceti	Total	Indivíduos por km	Média ± DP	Min - Máx
1	Primavera	17	5.751,0	49	5	38	818	0,142	16,7 ± 71,9	1 - 500
2	Outono	16	5.756,8	74	11	58	2.588	0,450	35,1 ± 82,0	1 - 500
3	Primavera	16	5.666,3	58	21	32	972	0,172	16,8 ± 34,8	1 - 150
4	Verão	16	5.731,4	24	5	18	358	0,062	14,9 ± 28,3	1 - 100
5	Primavera	16	5.705,4	56	11	43	682	0,120	12,2 ± 26,7	1 -140
6	Outono	16	5.665,0	83	9	63	1.197	0,211	14,4 ± 34,7	1 - 200
7	Inverno	16	5.680,1	120	59	54	574	0,101	4,8 ± 10,2	1 - 50
8	Verão	17	5.778,2	66	3	53	1.204	0,208	18,2 ± 30,9	1 -150
9	Inverno	16	5.666,3	86	56	30	587	0,103	7,0 ± 32,3	1 - 300
10	Verão	17	5.777,4	25	2	21	299	0,052	12,0 ± 22,7	1 - 100
TOTAL		**163**	**57.177,9**	**641**	**182**	**410**	**9.279**	**0,162**	**18,1 ± 49,1**	**1 - 500**
MÉDIA		**16,3**	**5.717,8**	**64,1**	**18,2**	**41,0**	**927,9**			

[1] *Esforço de procura por cetáceos nas linhas de transecção. Não inclui as manobras para rodízio dos observadores e registros fotográficos.*

[2] *Considera os registros feitos pelos quatro observadores, descontando as avistagens coincidentes.*

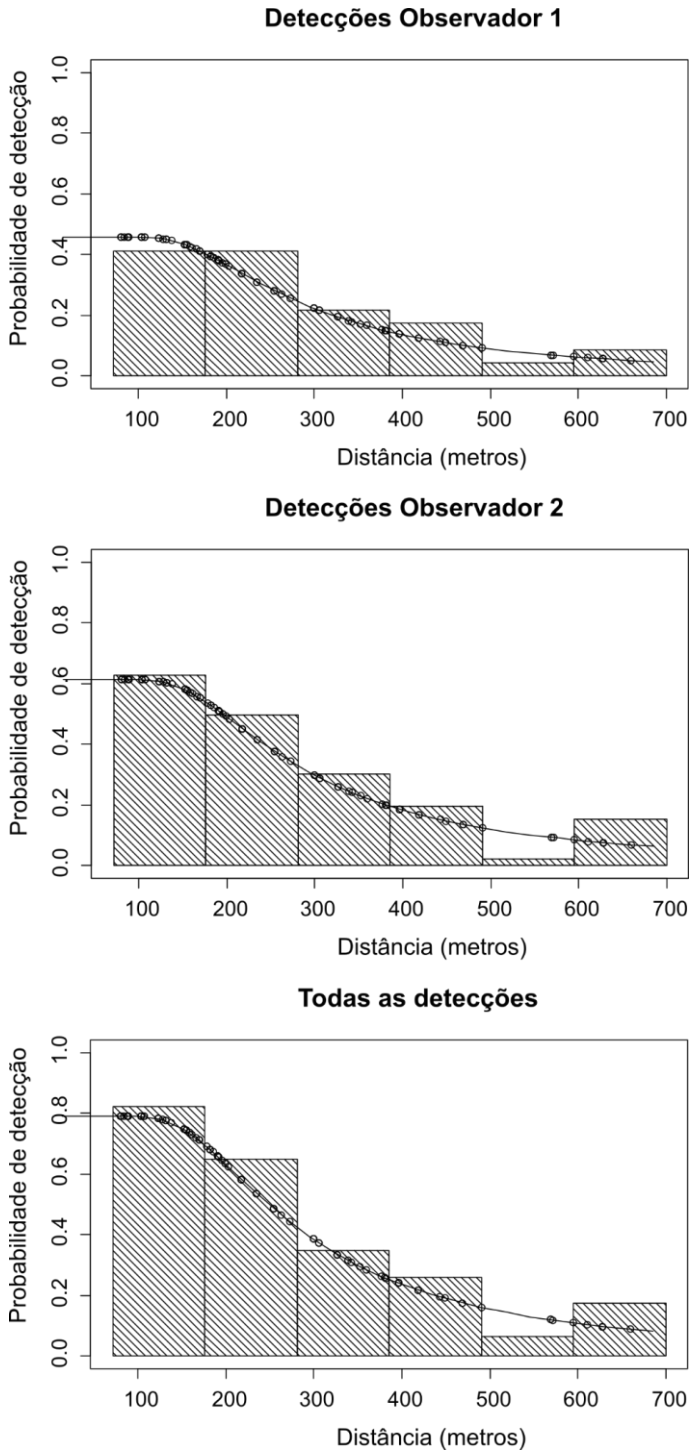


Figura V-87: *Curva de detecção taxa de risco de um modelo ajustado aos dados de misticetos observados durante as Campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. (a) Detecções do observador 1 (janela bolha); (b) Detecções do observador 2 (janela plana); e (c) Todas as detecções.*

Tabela V-20: *Estimativa de densidade e abundância de misticetos durante as campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.*

Campanha	Detecções	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km²	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV%
1	2	0,07	0,01 – 0,26	188	51 - 698	68,9
2	11	0,46	0,15 – 1,41	1.225	402 – 3.735	57,1
3	11	0,72	0,31 – 1,68	1.915	826 – 4.442	42,3
4	4	0,14	0,04 – 0,46	378	118 – 1.213	59,9
5	10	0,57	0,27 – 1,24	1.522	709 – 3.266	38,3
6	6	0,21	0,09 – 0,52	574	239 – 1.377	44,0
7	30	1,52	0,76 – 3,03	4.013	2.018 – 7.979	34,5
8	3	0,10	0,03 – 0,31	281	95 – 830	55,4
9	28	1,60	0,79 – 3,23	4.215	2.082 – 8.531	35,3
10	2	0,07	0,01 – 0,27	187	48 – 727	71,7

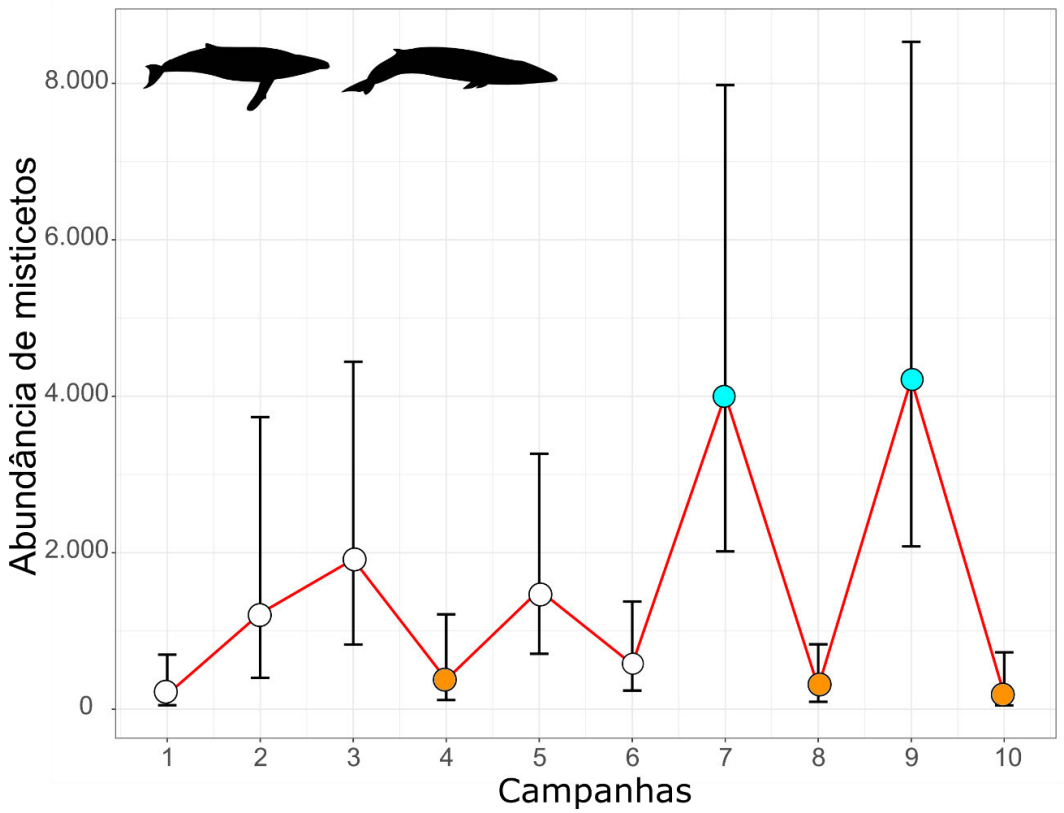


Figura V-88: *Abundância de misticetos observados ao longo das campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. Círculos preenchidos em azul indicam campanhas realizadas no inverno e círculos preenchidos em laranja no verão.*

Todas as observações com distâncias menores que 71 metros (início da sobreposição entre os observadores das janelas bolha e plana) e maiores que 500 metros da linha de transecção foram eliminadas para a construção da curva de detecção de delfinídeos, restando 250 observações. Com base nesses dados, foram construídos quatro modelos de detecção (**Tabela V-21**). Os valores de AIC indicaram que o modelo MRDS que melhor se ajustou aos dados foi o modelo de amostragem de distâncias com a função meia-normal sem variáveis explanatórias; e o modelo marcação-recaptura com distância e tamanho de grupo como variáveis explanatórias (**Figura V-89**).

As estimativas de abundância de delfinídeos oscilaram entre 17.122 e 167.945 indivíduos ao longo das campanhas do PMC (**Figura V-90; Tabela V-21)**, sem nenhuma relação evidente com as estações do ano.

Tabela V-21: *Modelos de detecção para delfinídeos na Bacia de Santos ordenados pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike).*

Modelo	Delta AIC	AIC
Nulo (meia-normal); MR Distância + Tamanho	0,0	3.422,0
Nulo (meia-normal); MR Observador	37,6	3.459,5
Nulo (meia-normal); MR Distância	37,9	3.459,9
Nulo (taxa de risco); MR Distância	41,6	3.463,6

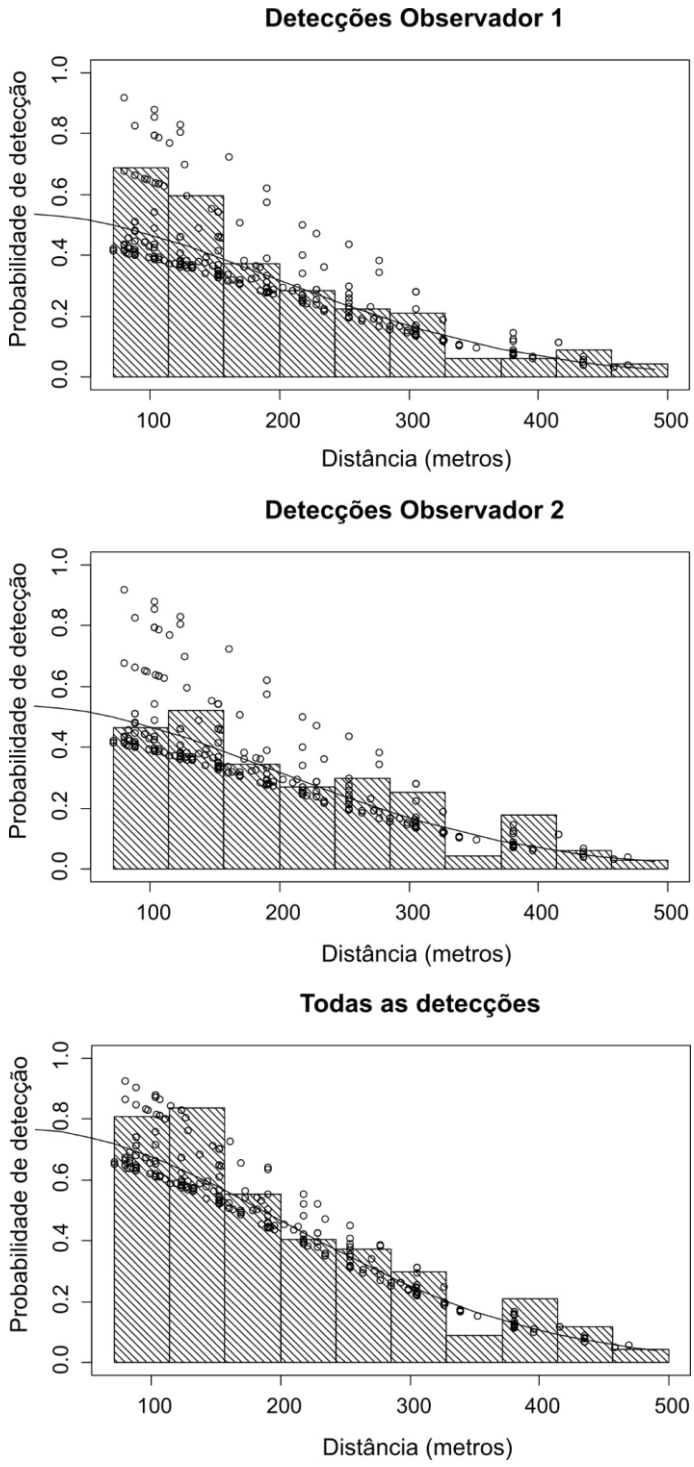


Figura V-89: *Curva de detecção meia-normal de um modelo ajustado aos dados de delfinídeos observados durante as Campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. (a) Detecções do observador 1 (janela bolha); (b) Detecções do observador 2 (janela plana); e (c) Todas as detecções.*

Tabela V-22: *Estimativa de densidade e abundância de delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC - BS. Camp = campanha; n = número de detecções; N = estimativa de abundância; IC = intervalo de confiança; CV = Coeficiente de variação.*

Camp	Detecções	Densidade		Abundância		
		Indivíduos / 100 km²	IC 95%	Estimativa	IC 95%	CV %
1	22	29,73	7,76 – 113,87	78.296	20.441 – 299.891	70,4
2	30	63,77	33,45 – 121,57	167.945	88.100 – 320.154	31,2
3	22	28,62	13,27 – 61,71	75.369	34.951 – 162.524	37,5
4	11	13,94	3,83 – 50,68	36.717	10.101 – 133.465	66,7
5	27	20,35	10,48 - 39,54	53.606	27.595 – 104.137	32,3
6	42	47,60	17,05 – 132,91	125.371	44.905 – 350.027	51,3
7	30	16,26	7,01 – 37,71	42.821	18.464 – 99.307	41,5
8	34	44,20	20,48 – 95,39	116.405	53.937 – 251.220	37,8
9	18	6,50	3,76 – 11,25	17.122	9.892 – 29.636	27,1
10	14	9,98	3,88 – 25,61	26.274	10.232 – 67.469	47,0

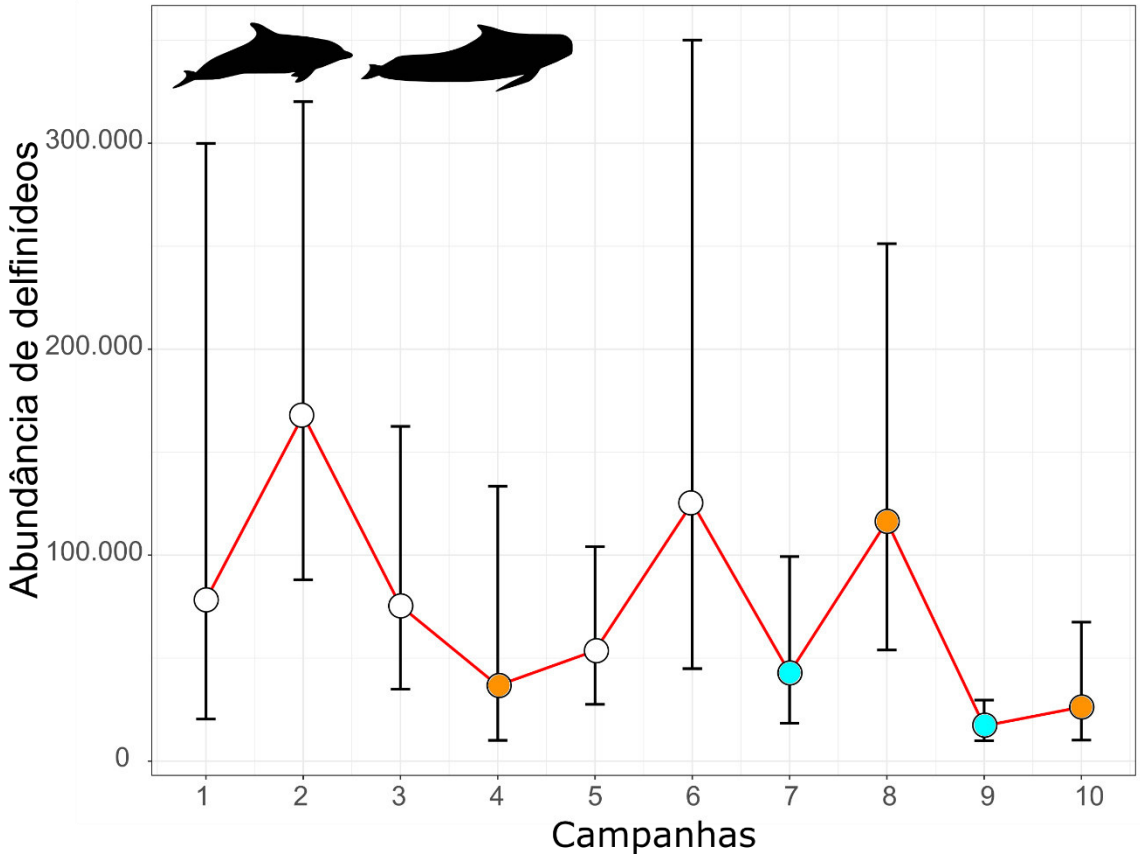


Figura V-90: *Abundância de delfinídeos observados ao longo das campanhas de Avistagem Aérea em cinco anos do PMC-BS. Círculos preenchidos em azul indicam campanhas realizadas no inverno e círculos preenchidos em laranja no verão.*

Discussão sobre densidade e abundância

As estimativas de abundância geradas para misticetos mostraram um padrão sazonal que reflete o comportamento migratório da maioria das espécies de grandes baleias, com uma maior abundância no inverno, temporada de reprodução em águas brasileiras. As estimativas de abundância de misticetos no verão provavelmente se referem à baleia-de-Bryde (*Balaenoptera brydei*), a única espécie de grande baleia que não migra e é avistada em águas brasileiras durante todo o ano, apesar de nem todos os registros terem sido identificados em nível de espécie.

Esta estimativa fornece uma ordem de grandeza de poucas centenas de indivíduos para a abundância desta espécie que, por se alimentar

exclusivamente em águas brasileiras, tem grande importância ecológica para a Bacia de Santos.

A espécie de misticeto mais abundante na Bacia de Santos foi a baleia-jubarte. As estimativas geradas pelas campanhas de Avistagem Embarcada mostram que esta espécie representa cerca de 50% da abundância de misticetos da Bacia de Santos no inverno.

No inverno de 2019 foi realizada uma colaboração com o Projeto Baleia Jubarte (Instituto Baleia Jubarte/Petrobras) e o PMC-BS para realizar um grande levantamento aéreo cobrindo toda a região reprodutiva da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na costa brasileira. O sobrevoo foi dividido em duas etapas consecutivas. A primeira etapa foi realizada na Bacia de Santos, entre os municípios de Florianópolis-SC e Arraial do Cabo-RJ, sob responsabilidade do PMC-BS. A segunda etapa cobriu a região do Cabo Frio (RJ) até o estado do Rio Grande do Norte, sob responsabilidade do Projeto Baleia Jubarte, patrocinado pela Petrobras. As duas etapas usaram a mesma aeronave e com metodologia padronizada.

A estimativa de abundância da baleia-jubarte para a toda a área de estudo, sem considerar o viés de percepção, foi de 14.618 baleias (IC 95% = 8.185 – 26.108; CV% = 26,07). Os dados de estimativa para a Bacia de Santos indicam que a abundância de baleias-jubarte na Bacia de Santos representa cerca de 5 a 10% da abundância total desta espécie na costa brasileira.

As estimativas de abundância geradas para delfinídeos durante as campanhas de Avistagem Embarcada também apresentaram um padrão sazonal, porém inverso ao padrão dos misticetos, com maiores abundâncias no verão. Essa flutuação sazonal na abundância de delfinídeos na Bacia de Santos sugere um padrão de movimentação desses animais.

Os golfinhos do gênero *Stenella*, que são os mais abundantes na Bacia de Santos, têm preferência por águas mais quentes, da Corrente do Brasil. No verão a intensidade desta corrente é maior e provavelmente exista maior movimento de grupos de golfinhos provenientes do norte, como as Bacias de Campos e do Espírito Santo. A variação na distribuição e abundância dos delfinídeos entre campanhas pode estar relacionada a condições oceanográficas e núcleos de maior produtividade.

A dinâmica da formação de meandros e vórtices na Corrente do Brasil, assim como a ressurgência induzida pelos ventos de Nordeste, a qual é comum nos meses de verão, contribuem para a penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na região da plataforma na Bacia de Santos, provendo nutrientes às águas pobres sobre a plataforma (SILVEIRA et al., 2000).

As estimativas geradas para delfinídeos nas campanhas de Avistagem Embarcada oscilaram entre 17 mil e 41 mil indivíduos. As estimativas durante a Avistagem Aérea foram consideravelmente maiores em várias campanhas, algumas passando dos 115 mil indivíduos. Vários fatores podem estar contribuindo para essa diferença entre as estimativas. O tamanho médio geral dos grupos nas Campanhas de Avistagem Embarcada foi menor (10,6 ± 33,9) do que nas Campanhas de Avistagem Aérea (18,1 ± 49,1). Isto sugere que a perspectiva aérea permite uma melhor contagem do número de indivíduos em um grupo, ocasionando a subestimação dos tamanhos de grupo nas Campanhas de Avistagem Embarcada. Outros possíveis fatores são a reação dos animais à embarcação ou outras questões relacionadas à detectabilidade.

Chamou atenção a estimativa realizada para os odontocetos na Campanha de Avistagem Aérea 10, realizada no verão de 2020, que foi mais baixa que a estimativa realizada na Campanha de Avistagem Embarcada 10, realizada algumas semanas depois da campanha aérea, e foi a abundância mais baixa verificada por sobrevoos durante o verão. Este padrão anormal merece ser investigado de forma mais profunda, buscando fatores ambientais ou antrópicos que podem ter interferido negativamente na abundância de delfinídeos na Campanha de Avistagem Aéra 10.

Com base nos dados coletados nas campanhas de Avistagem Embarcada foi possível gerar estimativas para o golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) e para a subespécie oceânica do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tusiops truncatus truncatus*), dentre as mais frequentes dos delfinídeos.

As duas estimativas são pioneiras para a costa brasileira. A estimativa para *Stenella frontalis* chegou a aproximadamente 28.600 golfinhos e segue um padrão sazonal de maior abundância no verão, conforme as estimativas para todos os delfinídeos. Já o *Tursiops truncatus* apresentou uma abundância que chegou a quase 13.000 golfinhos em uma campanha, mas não apresentaram

uma sazonalidade definida, sugerindo que a dinâmica das populações e movimentos destas espécies são distintas.

Um avanço com relação às estimativas por Avistagem Aérea neste relatório foi a estimativa da probabilidade de detecção na linha de transecção, ao invés de assumir uma detecção perfeita, e a correção das estimativas de densidade e abundância. Além da limitação imposta ao observador na janela plana por não conseguir visualizar abaixo da aeronave, esperava-se que alguns grupos na linha não estivessem sendo detectados pelo observador na janela bolha por estarem mergulhados no breve momento em que o avião passava por eles.

V.3.2 Estimativa do Tamanho Efetivo da População

O tamanho de censo (N_c) e o tamanho efetivo (N_e) da população estão entre os parâmetros mais importantes para a gestão e a conservação das espécies, mas são difíceis de estimar em muitas populações naturais, incluindo os cetáceos. O tamanho efetivo da população representa o número de indivíduos que contribuem com os genes para a próxima geração, e geralmente ele é várias ordens de magnitude inferior ao tamanho de censo. O N_e está diretamente relacionado aos processos evolutivos, como taxas de deriva genética e perda de variabilidade genética, níveis de endogamia e eficácia da seleção (FRANKHAM, 2002). Assim, as reduções em N_e estão relacionadas à redução da viabilidade populacional (LEBERG, 2005). Portanto, o tamanho efetivo da população é um parâmetro chave a longo prazo e essencial para a genética populacional, a biologia evolutiva e a biologia da conservação.

Vários métodos genéticos têm sido desenvolvidos para estimar N_e (LEBERG, 2005). Algumas abordagens estimam o N_e contemporâneo e outras o N_e histórico, sendo que a comparação de ambos fornece importantes informações sobre a dinâmica (se a população está crescendo ou diminuindo) do tamanho da população. Além disso, se a taxa N_e/N_c é conhecida ou pode ser estimada, a estimativa de N_e pode fornecer informações sobre a abundância da população. Um dos métodos que estima o tamanho efetivo da

geração parental (contemporâneo) por meio de dados genotípicos, é baseado no desequilíbrio de ligação (*linkage disequilibrium* - LD), sendo de maior interesse para as ações de manejo e gestão das espécies ameaçadas (WAPLES & ENGLAND, 2011).

Neste item, o tamanho efetivo contemporâneo da população foi estimado para as três espécies de delfinídeos (*T. truncatus*, *S. frontalis* e *S. longirostris*) que apresentaram o maior número de amostras coletadas na Bacia de Santos durante os cinco anos de esforço do PMC-BS.

Análise dos dados

O programa NeEstimator v.2.01 (DO et al., 2014) foi usado para estimar o tamanho efetivo contemporâneo (N_e) das populações do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), do golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) e do golfinho-rotador (*Stenella longirostris*), com base nos dados dos locos de microssatélites dessas três espécies. O programa é basedo no método de desequilíbrio de ligação, e calcula estimativas separadas usando diferentes critérios para excluir alelos raros. O modelo de acasalamento aleatório e os seguintes valores críticos (P_{crit}): 0,05, 0,02 e 0,01, com intervalos de confiança de 95%, foram usados. No entanto, o valor P_{crit} de 0,02 foi escolhido para reduzir o viés para alelos de baixa frequência, fornecendo melhor precisão e estimativas mais confiáveis.

Estimativas de tamanho efetivo contemporâneo da população

O N_e contemporâneo estimado com NeEstimator para os golfinhos-nariz-de-garrafa da Bacia de Santos foi de 267 indivíduos (IC 95% = 146 - 1033; tamanho médio da amostra harmônica = 78,7) para o P_{crit} de 0,02, variando de 246 a 354 indivíduos para os valores críticos de 0,05 e 0,01 respectivamente (**Tabela V-23**).

Para os golfinhos-pintado-do-Atlântico, o N_e contemporâneo foi estimado em 345 indivíduos (IC 95% = 212 - 802; tamanho médio da amostra harmônica = 108,1) para o P_{crit} de 0,02, e variou entre 193 a 552 indivíduos para os valores críticos de 0,05 e 0,01 (**Tabela V-23**).

Já para os golfinhos-rotadores foi estimado um N_e contemporâneo de 408 indivíduos (IC 95% = 180 - ∞; tamanho médio da amostra harmônica = 55,8) para o P_{crit} 0,02, que variou de 430 a 2441para os P_{crit} de 0,01 e 0,05 (**Tabela V-23**).

Tabela V-23: *Estimativa de tamanho efetivo contemporâneo das populações de três delfinídeos (T. truncatus, S. frontalis e S. longirostris) amostrados no PMC-BS para os diferentes valores críticos (P_{crit}). IC = intervalo de confiança.*

Espécies	P_{crit} 0,01		P_{crit} 0,02		P_{crit} 0,05	
	Estimativa	IC 95%	Estimativa	IC 95%	Estimativa	IC 95%
Tursiops truncatus	354	196 - 1408	267	146 - 1033	246	121 - 2439
Stenella frontalis	552	320 - 1715	345	212 - 802	193	126 - 365
Stenella longirostris	430	198 - ∞	408	180 - ∞	2441	195 - ∞

Embora as estimativas de N_e contemporâneo tenham variado para os diferentes valores de P_{crit} entre as três espécies (**Figura V-91**), a estimativa recomendada para o P_{crit} 0,02, que exclui alelos com frequências inferiores a 0,02, foi maior para *S. longirostris*, seguida de *S. frontalis* e *T. truncatus*, sendo congruente com a alta diversidade genética nuclear encontrada nessas três espécies (ver item **V.3.3 Diversidade Genética**). Franklin; Frankham (1998) sugeriram que o tamanho populacional mínimo viável a curto prazo é $N_e > 50$, e o tamanho populacional mínimo viável a longo prazo é $N_e > 500$. Embora com base nessas estimativas as populações desses três delfinídeos não estejam ameaçadas pela depressão por endogamia, todas as estimativas estão abaixo do limite recomendado de 500 indivíduos, considerado necessário para preservar o potencial evolutivo dessas populações.

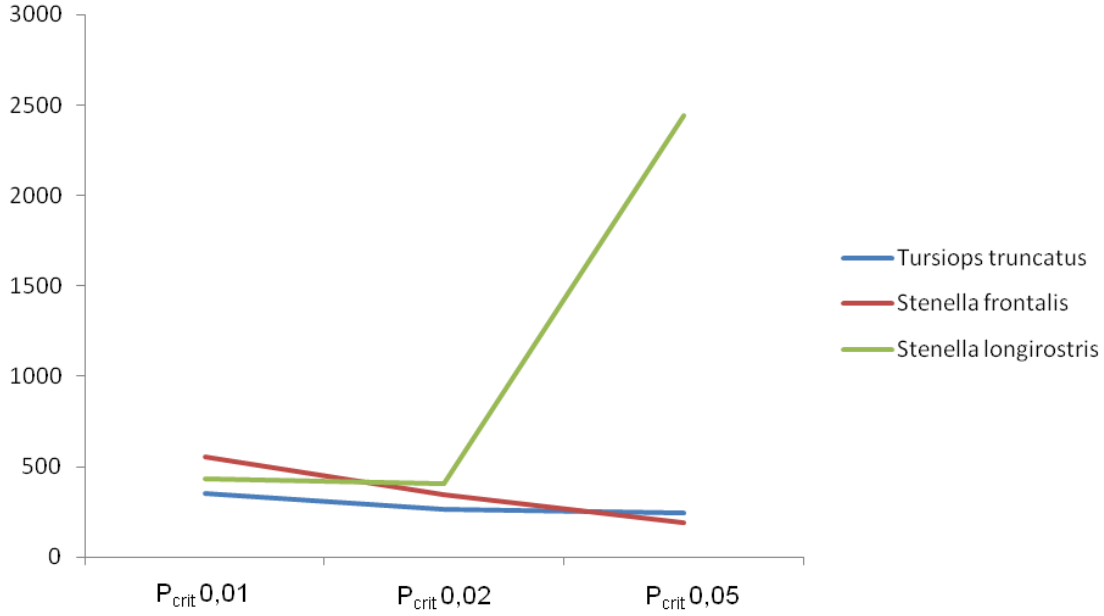


Figura V-91: *Estimativas de N_e contemporâneo para os diferentes valores críticos para* ***Tursiops truncatus, Stenella frontalis e Stenella longirostris*** *da Bacia de Santos.*

Estudos recentes apresentaram estimativas de N_e contemporâneo para os golfinhos-rotadores em Fernando de Noronha e para os golfinhos-de-hector (*Cephalorhynchus hectori hectori*) na Nova Zelândia (HAMNER et al., 2013; FARIA et al., 2020). Embora a população de *S. longirostris* de Fernando de Noranho tenha apresentado uma diversidade genética muito baixa, o tamanho efetivo contemporâneo foi estimado em 491 indivíduos (95% CI 153 - ∞) (FARIA et al., 2020), similar ao N_e estimado para a população da espécie na Bacia de Santos, que apresentou uma elevada variabilidade genética. Por outro lado, o N_e contemporâneo da população de *C. hectori hectori*, que possui uma alta diversidade genética, foi estimado em 272 indivíduos (95% CI 236 - 323) (HAMNER et al., 2012; 2013), similar ao estimado para a população de golfinho-nariz-de-garrafa da Bacia de Santos.

No entanto, o método de estimativa de N_e baseado em desequilíbrio de ligação presume população fechada com gerações discretas (sem sobreposição de gerações), acasalamento aleatório e contribuição igual de indivíduos para a próxima geração, e essas suposições raramente são

completamente satisfeitas em populações naturais. Além disso, uma das fontes de potencial viés é o fluxo gênico entre populações adjacentes, sendo que taxas de migração de aproximadamente 10% ou mais podem resultar em uma estimativa de N_e da metapopulação (WAPLES; ENGLAND, 2011). Portanto, a compreensão da estrutura genética populacional e das conexões migratórias dessas espécies na Bacia de Santos é fundamental para estimativas de tamanho efetivo populacional mais robustas.

Finalmente, embora as taxas de N_e/N_c não sejam conhecidas para essas espécies, possibilitando estimar a abundância, as estimativas de N_e corroboram as estimativas de abundância (ver item **V.3.1 Estimativas de densidade e abundância**) para duas dessas espécies, que foram maiores para *S. frontalis* (4.197 a 28.594 indivíduos) do que para *T. truncatus* (2.339 a 12.949 indivíduos). Além disso, enquanto as estimativas de abundância são da população atual, naquele período (curto prazo), as estimativas de N_e contemporâneo, baseadas em desequilíbrio de ligação, são da geração parental, portanto, representando o número efetivo dos pais que produziram indivíduos da amostra atual.

As estimativas do N_e contemporâneo para essas três espécies que ocorrem na Bacia de Santos são importantes e auxiliarão o monitoramento dessas populações em longo prazo. Para isso, uma recomendação é a obtenção de estimativas de N_e comparáveis a cada geração das espécies, tentando reduzir as incertezas dos parâmetros chave, como por exemplo, aumentando o número de locos de microssatélites.

V.3.3 Diversidade Genética

A diversidade genética é um componente importante da biodiversidade e é requerida para a população se adaptar às mudanças ambientais, isto é, representa seu potencial evolutivo (FRANKHAM et al., 2010). Portanto, a perda da diversidade genética em espécies e populações é considerada uma das principais ameaças e pode aumentar o risco de extinção, principalmente para as espécies de cetáceos que estão atualmente expostas a uma variedade de impactos antropogênicos.

Durante os cinco anos do PMC-BS, os níveis de diversidade genética mitocondrial e nuclear foram estimados para cada espécie de cetáceo amostrada na Bacia de Santos, com um número amostral mínimo de cinco indivíduos. A identificação de amostras duplicadas (reamostragem ou recaptura do mesmo indivíduo) foi baseada na combinação da identificação individual por meio dos genótipos (ver abaixo), do haplótipo do DNA mitocondrial (DNAmt) e do sexo do indivíduo. Essas amostras duplicadas não foram incluídas nas análises seguintes.

Diversidade genética mitocondrial

O número de haplótipos e os índices de diversidade genética para o DNAmt, como diversidade haplotípica (h) e nucleotídica (π), foram estimados usando o programa DNASP 6.12.1 (ROZAS et al., 2017), e são apresentados na **Tabela V-24**.

Um total de 30 amostras de baleia-jubarte (*M. novaeangliae*) foram obtidas durante os cinco anos do PMC-BS (incluindo três amostras coletadas na costa norte de Santa Catarina), sendo que, dessas, 29 forneceram sequências de alta qualidade para a região controle do DNAmt e três duplicadas foram removidas das análises seguintes. Portanto, para as 26 amostras foram detectados 21 haplótipos (688 pares de base) definidos por 36 sítios polimórficos (**Tabela V-24**). Desses, 18 haplótipos já haviam sido previamente encontrados nessa população de baleia-jubarte que frequenta o litoral brasileiro, considerada estoque reprodutivo A (CYPRIANO-SOUZA et al., 2017).

A baleia-sei (*B. borealis*) é a espécie de misticeto mais amostrada, com um total de 28 amostras coletadas durante os cinco anos do PMC-BS. Um total de 18 haplótipos (708 pares de base) definidos por 17 sítios polimórficos foram detectados nessas amostras. Entretanto, para as 14 amostras de baleia-de-Bryde (*B. brydei*), o alinhamento das sequências (677 pares de base) resultou em apenas três haplótipos definidos por seis sítios polimórficos (**Tabela V-24**). Já os alinhamentos das sequências (694 e 720 pares de base, respectivamente) das seis amostras (após remoção de uma duplicada) de baleia-fin (*B. physalus*) e das seis de baleia-minke-antártica (*B. bonaerensis*)

resultaram em seis haplótipos definidos por 13 e 24 sítios polimórficos, respectivamente para cada espécie (**Tabela V-24**).

O golfinho-pintado-do-atlântico (*S. frontalis*) é a espécie com o maior número amostral do PMC-BS, com 113 amostras coletadas durante os cinco anos do PMC-BS, sendo três duplicadas e, portanto, foram removidas das análises seguintes. O alinhamento das 110 sequências da região controle do DNAmt (685 pares de base) resultou em 14 haplótipos definidos por 19 sítios polimórficos. Das 84 amostras do golfinho-nariz-de-garrafa (*T. truncatus*), 82 forneceram sequências de alta qualidade para a região controle do DNAmt. Após a remoção de duas amostras duplicadas, o alinhamento de 80 sequências (675 pares de base) resultou em 18 haplótipos definidos por 36 sítios polimórficos (**Tabela V-24**).

Das 58 amostras do golfinho-rotador (*S. longirostris*), duas amostras duplicadas foram removidas das análises, e o alinhamento das 56 sequências (686 pares de base) resultou em 29 haplótipos definidos por 40 sítios polimórficos. Para as outras espécies de delfinídeos, não houve amostras duplicadas e o número de haplótipos variou de quatro (*S. bredanensis*, *S. attenuata* e *Peponocephala electra*) a oito (*D. delphis* e *S. clymene*). Entretanto, tanto o alinhamento das sequências das 13 amostras de baleia-piloto-de-peitoral-curta (*G. macrorhynchus*) quanto das cinco amostras de orca (*O. orca*) resultou em apenas um haplótipo (**Tabela V-24**).

As diversidades haplotípicas (h) e nucleotídicas (π) para cada espécie, com um número amostral mínimo de 5 indivíduos, são apresentadas na **Tabela V-24**. Dentre as espécies de misticetos bem amostradas (n > 10 amostras), *M. novaeangliae* e *B. borealis* exibiram uma diversidade genética elevada, enquanto *B. brydei* apresentou uma diversidade genética mitocondrial muito baixa (h = 0,275 e π = 0,14%). Para os odontocetos bem amostrados (n > 10 amostras), *S. longirostris* foi a espécie que apresentou a maior diversidade haplotípica (h = 0,949) e nucleotídica (π = 1,64%) enquanto *S. bredanensis* apresentou a menor diversidade genética mitocondrial (h = 0,679 e π = 0,36%).

Tabela V-24: *Diversidade do DNA mitocondrial das espécies de cetáceos amostradas na Bacia de Santos. n = número de amostras, Seq. (pb) = sequência em pares de bases, S = sítios polimórficos, H = haplótipos, h = diversidade haplotípica, π = diversidade nucleotídica (%).*

Espécie	n	Seq. (pb)	S	H	H	π %
Eubalaena australis	2	682	-	2	-	-
Balaenoptera musculus	3	725	20	3	-	-
Balaenoptera physalus	6	694	13	6	1,000	0,77
Balaenoptera borealis	28	708	17	18	0,958	0,82
Balaenoptera brydei	14	677	6	3	0,275	0,14
Balaenoptera bonaerensis	6	720	24	6	1,000	1,41
Megaptera novaeangliae	26	690	36	21	0,982	1,32
Physeter macrocephalus	5	731	3	2	0,400	0,16
Orcinus orca	5	668	-	1	-	-
Peponocephala electra	5	700	7	4	0,900	0,48
Globicephala macrorhynchus	13	696	-	1	-	-
Tursiops truncatus	80	675	36	18	0,880	1,31
Steno bredanensis	15	659	6	4	0,679	0,36
Sotalia guianensis	2	704	-	1	-	-
Stenella frontalis	110	685	19	14	0,827	0,50
Stenella longirostris	56	686	40	29	0,949	1,64
Stenella attenuata	19	698	13	4	0,696	0,56
Stenella clymene	11	684	19	8	0,945	0,91
Delphinus delphis	24	696	7	8	0,783	0,18

Diversidade genética nuclear

Para identificar possíveis alelos nulos (alelos não amplificados) e erros de genotipagem para os locos das espécies com um número amostral mínimo de 10 indivíduos foi usado o programa MICRO-CHECKER, versão 2.2.3 (VAN OOSTERHOUT et al., 2004). Nenhuma evidência de erro de genotipagem foi encontrada nos locos analisados para as 11 espécies (8 odontocetos e 3 misticetos). Embora tenha havido indicação de alelos nulos para alguns poucos locos em algumas espécies, eles não foram excluídos das análises posteriores porque a remoção desses locos não afeta os resultados.

Posteriormente, a identidade de genótipos (identificação individual) foi investigada por meio do programa GENECAP (WILBERG; DREHER, 2004), o qual compara cada genótipo de multilocos individuais com todos os outros genótipos para determinar aqueles que são idênticos (recaptura ou repetição). O programa também calcula a probabilidade de identidade ($P_{(ID)}$ e $P_{(ID)sib}$) e cria histórias de captura.

Conforme relatado no 4° Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2019), foram identificados genótipos idênticos para as amostras (G208 e G209; G239 e G240) de dois machos de *golfinho-nariz-de-garrafa*; as amostras (GM1 e GM2; G146 e G147; G156 e G157) de três machos de baleia-jubarte; duas amostras (G129 e G130) de um macho de baleia-fin; e as cinco amostras (G160 a G164) de pele de baleia-azul coletadas na água.

Para *P. macrocephalus*, além da reamostragem das duas amostras (G204 e G205) de pele coletadas na água, outro genótipo idêntico foi identificado entre as amostras G439 (biópsia) e G440 (pele coletada na água), as quais apresentaram o mesmo haplótipo (HPM1) de DNAmt e o mesmo sexo (fêmea), confirmando reamostragem do mesmo indivíduo. Para *S. frontalis* foram identificados dois genótipos idênticos (amostras G200 e G201; e G337 e G338) nos anos anteriores, e uma reamostragem (amostras G392 e G393) do mesmo macho na Campanha de Avistagem e MAP do ciclo 9, com o haplótipo HSF2. Todas as reamostragens foram durante a mesma avistagem.

Stenella longirostris apresentou um caso de reamostragem (amostras G412 e G413) de um macho (haplótipo HSL27), e um único caso de recaptura de uma fêmea, que foi amostrada (amostra G215) pela primeira vez no dia 08 de fevereiro de 2018 em um grupo de 800 indivíduos, e foi reamostrada (amostra G246) após 56 dias (05 de abril de 2018) em um grupo misto de *S. longirostris* e *S. clymene*. Não foram identificados genótipos idênticos entre as amostras das outras espécies, portanto, os genótipos das 448 amostras de cetáceos coletadas na Bacia de Santos correspondem a 431 indivíduos diferentes.

Finalmente, a diversidade genética nuclear foi estimada como número de alelos por loco (K), número médio de alelos por loco (A), heterozigozidade observada (H_O) e esperada (H_E), supondo equilíbrio de Hardy-Weinberg para

cada um dos locos, usando o programa CERVUS, versão 3.0 (KALINOWSKI et al., 2007), para as espécies com um número amostral mínimo de cinco indivíduos, e cada amostra contendo pelo menos seis locos de microssatélites.

O **Anexo V.3.3-1** apresenta o número de alelos por loco (K) para cada espécie. Todas as espécies apresentaram todos ou a maioria dos locos polimórficos. A **Tabela V-25** traz o número médio de alelos por loco (A), a heterozigozidade observada (H_O) e a esperada (H_E) para as 16 espécies com um número amostral mínimo de 5 indivíduos.

Para os três misticetos bem amostrados (n > 10 amostras), o número de alelos por loco (exceto o loco EV37 de *B. brydei* que foi monomórfico) variou de 2 (EV94 em *B. brydei*) a 18 (EV37 em *B. borealis*) (**Anexo V.3.3-1**). Enquanto *B. borealis* foi a espécie de misticeto com maior diversidade genética nuclear, com o número médio de alelos por loco de 11,56 e heterozigozidade média observada de 0,783, *B. brydei* apresentou a menor diversidade, com o número médio de alelos por loco de 3,78 e heterozigozidade média observada de 0,448 (**Tabela V-25**).

Dentre as oito espécies de odontocetos bem amostradas (n > 10 amostras), o número de alelos por loco variou de 2 (TexVet7) em *S. bredanensis* a 23 (EV1) em *S. frontalis* (**Anexo V.3.3-1**). Enquanto *S. longirostris* exibiu o maior número médio de alelos por loco (A = 12,22) e *S. attenuata* teve a maior heterozigozidade média observada (H_O = 0,757), *S. bredanensis* apresentou a menor diversidade genética nuclear (A = 4,67 e H_O = 0,460) (**Tabela V-24**).

Tabela V-25: *Diversidade dos locos de microssatélites dos cetáceos amostrados na Bacia de Santos. n = número de amostras, N = número de locos, A = número médio de alelos por loco, H_O = heterozigozidade observada, H_E = heterozigozidade esperada, $P_{(ID)}$ e $P_{(ID)sib}$ = probabilidades de identidade.*

Espécie	n	N	A	H_O	H_E	$P_{(ID)}$	$P_{(ID)sib}$
Balaenoptera physalus	6	9	6,89	0,749	0,856	$7,56 \times 10^{-12}$	$1,18 \times 10^{-4}$
Balaenoptera borealis	28	9	11,56	0,783	0,822	$2,27 \times 10^{-13}$	$8,44 \times 10^{-5}$
Balaenoptera brydei	13	9	3,78	0,448	0,527	$7,80 \times 10^{-6}$	$5,39 \times 10^{-3}$
Balaenoptera bonaerensis	6	9	7,11	0,870	0,885	$1,47 \times 10^{-12}$	$8,42 \times 10^{-5}$
Megaptera novaeangliae	26	9	9,89	0,690	0,791	$5,67 \times 10^{-12}$	$1,49 \times 10^{-4}$
Physeter macrocephalus	5	10	3,40	0,645	0,654	$2,19 \times 10^{-7}$	$1,19 \times 10^{-3}$
Orcinus orca	5	10	4,10	0,550	0,670	$2,89 \times 10^{-8}$	$8,68 \times 10^{-4}$
Peponocephala electra	5	9	4,22	0,688	0,676	$1,43 \times 10^{-7}$	$1,47 \times 10^{-3}$
Globicephala macrorhynchus	13	8	7,63	0,756	0,795	$1,49 \times 10^{-9}$	$5,95 \times 10^{-4}$
Tursiops truncatus	82	8	12,13	0,725	0,820	$3,56 \times 10^{-11}$	$2,51 \times 10^{-4}$
Steno bredanensis	15	9	4,67	0,460	0,495	$1,94 \times 10^{-6}$	$5,74 \times 10^{-3}$
Stenella frontalis	110	10	12,00	0,741	0,817	$1,53 \times 10^{-13}$	$3,32 \times 10^{-5}$
Stenella longirostris	56	9	12,22	0,699	0,795	$4,39 \times 10^{-13}$	$1,07 \times 10^{-4}$
Stenella attenuata	19	10	10,90	0,757	0,836	$3,84 \times 10^{-14}$	$3,10 \times 10^{-5}$
Stenella clymene	11	10	9,70	0,755	0,875	$1,88 \times 10^{-14}$	$2,48 \times 10^{-5}$
Delphinus delphis	24	8	8,50	0,666	0,762	$1,28 \times 10^{-9}$	$5,99 \times 10^{-4}$

O conhecimento da variabilidade genética mitocondrial e nuclear para as três espécies de misticetos bem amostradas é importante, principalmente para a baleia-sei e a baleia-de-bryde, sobre as quais os dados genéticos das populações do Oceano Atlântico Sul Ocidental são desconhecidos ou pouco conhecidos, respectivamente.

Como discutido no 4° Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2019), as baleias-jubarte amostradas na Bacia de Santos fazem parte do estoque reprodutivo A e apresentaram uma alta diversidade genética mitocondrial e nuclear, similar às outras populações de baleia-jubarte do Hemisfério Sul. Cypriano-Souza et al. (2017) sugerem que, embora a caça comercial tenha reduzido essas populações durante o século XX, a ausência de perda da diversidade genética nessas populações deve-se à curta duração do *bottleneck* (~ três gerações), à longevidade da espécie (provavelmente mais

que 70 anos, GABRIELLE et al., 2010) e ao tamanho populacional mínimo absoluto alcançado (N_{min} = 500 em 1950, ZERBINI et al., 2011).

A população de baleia-sei que ocorre na Bacia de Santos, Oceano Atlântico Sul, apresentou altos níveis de diversidade genética mitocondrial e nuclear, os quais foram muito maiores do que aqueles das populações do Oceano Atlântico Norte e do Pacífico Norte (HUIJSER et al., 2018). Este resultado indica que as baleias-sei do Atlântico Sul mantiveram uma alta variabilidade genética mesmo sendo mais exploradas pela caça comercial. Entretanto, a menor diversidade genética das baleias-sei no Hemisfério Norte deve ser reflexo dos processos climáticos do Pleistoceno, resultando na diminuição da variabilidade genética nesses oceanos (ALTER el al., 2015).

No entanto, de acordo com o teor do 4° Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2019), as baleias-de-Bryde amostradas na Bacia de Santos apresentaram níveis de diversidade genética mitocondrial e nuclear muito baixos comparados aqueles das outras espécies de baleia e das outras populações de baleia-de-Bryde nos Oceanos Pacífico e Índico (KANDA et al., 2007). Tal resultado também corrobora recentes estudos genéticos que encontraram somente dois e três haplótipos de DNAmt em oito e 17 indivíduos, respectivamente, na população de baleia-de-Bryde do Brasil (PASTENE et al., 2015; MILMANN, 2020). O baixo nível de diversidade genética pode ser explicado por vários fatores, como um evento histórico natural, persistência por longo prazo em um tamanho populacional pequeno ou um evento de impacto antropogênico recente. Milmann et al. (2020) sugerem que essa baixa diversidade genética encontrada na população brasileira deve-se a uma colonização relativamente recente (efeito fundador) ao invés de um *bottleneck* causado por atividades antrópicas. No entanto, para um maior entendimento dessa baixa variabilidade, faz-se necessária a análise de um número maior de amostras e de marcadores nucleares.

Com relação às espécies de odontocetos, ambos os marcadores, mitocondrial (exceto para *G. macrorhynchus*) e nuclear, revelaram moderados a altos níveis de diversidade genética para sete (*T. truncatus*, *S. frontalis*, *S. longirostris*, *S. attenuata*, *S. clymene*, *D. delphis* e *G. macrorhynchus*) das oito espécies bem amostradas na Bacia de Santos, similares aos valores

encontrados para outras populações dessas espécies (OREMUS et al., 2007; 2009; QUEROUIL et al., 2007; 2010; MIRIMIN et al., 2009; CABALLERO et al., 2013; COURBIS et al., 2014; LOUIS et al., 2014; LOWTHER-THIELEKING et al., 2014; VIRICEL; ROSEL, 2014). Essa elevada variabilidade genética é característica das grandes populações panmíticas, que apresentam altos níveis de mobilidade em seu habitat.

Recentes estudos genéticos das populações do golfinho-nariz-de-garrafa no Oceano Atlântico Sul Ocidental encontraram uma alta diversidade genética nas populações oceânicas (com exceção da população do Arquipélago de São Pedro e São Paulo) e baixa nas populações costeiras (COSTA et al., 2015; FRUET et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019). Essas populações são diferenciadas geneticamente e morfologicamente, sendo consideradas dois ecótipos distintos, oceânico e costeiro. Além disso, Oliveira et al. (2019) sugerem uma diferenciação genética entre os indivíduos do ecótipo oceânico amostrados no Norte e Nordeste do Brasil e os indivíduos do mesmo ecótipo amostrados nas Bacias de Campos e Santos. A alta variabilidade genética encontrada nos indivíduos amostrados na Bacia de Santos foi similar àquela encontrada no ecótipo oceânico, principalmente no grupo amostrado nas Bacias de Campos e Santos.

Da mesma forma, a alta variabilidade genética encontrada nos indivíduos de golfinho-pintado-do-Atlântico amostrados na Bacia de Santos é congruente com a maior diversidade haplotípica e nucleotídica do DNAmt para a população que ocorre no Sudeste do Brasil comparado à população da espécie que ocorre no Caribe (CABALLERO et al., 2013). Embora pouco se saiba sobre a estruturação populacional de *S. frontalis* no Brasil, esses níveis elevados de diversidade genética são similares aqueles encontrados nos indivíduos do grupo oceânico da população de golfinho-pintado-do-Atlântico do oeste do Oceano Atlântico Norte, que foram maiores do que nos indivíduos do grupo da plataforma continental (VIRICEL; ROSEL, 2014).

Os níveis de diversidade genética dos golfinhos-rotadores amostrados na Bacia de Santos foram os mais altos de todas as espécies de odontocetos, e similares aqueles das populações da espécie no Arquipélago da Sociedade (Polinésia Francesa), nas Ilhas Mariana, nas Ilhas Samoa e no Arquipélago de

Maiote (OREMUS et al., 2007; ANDREWS et al., 2013; MARTIEN et al., 2014; VIRICEL et al., 2016). No Oceano Atlântico Sul Ocidental, um estudo genético recente revelou que a população de *S. longirostris* do Arquipélago de Fernando de Noronha tem a mais baixa diversidade genética mitocondrial de todas as populações de golfinho-rotador do mundo, e que essa população tem um maior isolamento genético do que as outras populações de ilhas de diferentes bacias oceânicas (FARIA et al., 2020). No entanto, os autores sugerem que pode haver um fluxo gênico restrito entre essa população de Fernando de Noronha e os golfinhos-rotadores de outras localidades da costa do Brasil. No entanto, para testar essa hipótese é necessária uma comparação entre os indivíduos da Bacia de Santos e do Arquipélago.

Embora os indivíduos de *S. attenuata* da Bacia de Santos tenham apresentado uma diversidade genética mitocondrial menor do que a das outras espécies de *Stenella*, essa diversidade haplótípica foi maior do que a encontrada na espécie das ilhas do Havaí. No entanto, a diversidade genética nuclear foi um pouco menor do que os níveis encontrados nessa mesma população do Havaí (COURBIS et al., 2014). Igualmente, os indivíduos de *D. delphis* da Bacia de Santos apresentaram uma diversidade genética menor quando comparada àquela das populações dessa espécie tanto no oeste quanto no leste do Oceano Atlântico Norte (MIRIMIN et al., 2009).

Por outro lado, *S. bredanensis* apresentou a menor diversidade genética mitocondrial e nuclear, similar ao que foi encontrado para as populações das Ilhas da Sociedade para DNAmt, e Ilhas Samoa para microssatélites (ALBERTSON et al., 2016). Interessantemente, os quatro haplótipos de *S. bredanensis* encontrados na Bacia de Santos não foram compartilhados com os cinco haplótipos encontrados em 42 indivíduos da espécie, amostrados na costa sul (Rio grande do Sul, n = 10; Santa Catarina, n = 1) e sudeste (Rio de Janeiro, n = 27; e Espírito Santo, n = 4) do Brasil (DA SILVA et al., 2015). Dentre os fatores que podem ser responsáveis por esta baixa diversidade genética de *Steno bredanensis* estão: isolamento populacional, algum evento passado de redução da população (*bottleneck*) ou alguma característica intrínseca da espécie.

Embora as 13 amostras de *G. macrorhynchus* tenham apresentado apenas um haplótipo de DNAmt, uma diversidade genética nuclear relativamente elevada foi encontrada nesses indivíduos. Estudos genéticos têm encontrado níveis extremamente baixos de diversidade genética na região controle do DNAmt para as espécies de *Globicephala* por causa de uma divergência recente das populações dessas espécies. De fato, esse único haplótipo encontrado nas baleias-piloto-de-peitoral-curta da Bacia de Santos foi compartilhado com o haplótipo A (FJ513328) encontrado principalmente nas baleias-piloto-de-peitoral-curta do Oceano Pacífico Sul, e encontrado nos indivíduos do Arquipélago dos Açores, no Oceano Atlântico Norte (OREMUS et al., 2009).

V.3.4 Proporção Sexual

O conhecimento da proporção sexual em populações de mamíferos é de extrema importância para a compreensão do comportamento reprodutivo, da dinâmica populacional, incluindo a tendência à dispersão por sexo, e da densidade demográfica (BROWN et al., 1991). Embora a proporção sexual esperada seja de 1:1 (mesmo número de fêmeas e machos), em algumas populações de cetáceos essa proporção desvia da taxa esperada de 1:1 (CASTILHO et al., 2015; GREEN et al., 2011).

Em cinco anos de PMC-BS, um total de 443 amostras das 451 (incluindo as três amostras de baleia-jubarte (**GM1 a GM3**) coletadas no norte de Santa Catarina) coletadas nas Campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e MAP, tiveram o sexo determinado geneticamente, resultando na identificação de 244 fêmeas e 199 machos.

Após a identificação das 20 espécies de cetáceos (ver item **V.1.2 Identificação Molecular das Espécies**) e a identificação individual para cada amostra (ver item **V.3.3 Diversidade Genética**), 14 amostras identificadas como reamostragem (duas fêmeas e 11 machos) ou recaptura do mesmo indivíduo (uma fêmea de *S. longirostris*) foram removidas, resultando em 429 indivíduos sexados (241 fêmeas e 188 machos). A **Tabela V-26** e a **Figura V-92** apresentam o número de machos e fêmeas para cada espécie

amostrada. A proporção sexual foi estimada para cada espécie bem amostrada (número amostral maior que dez indivíduos) e comparada à proporção esperada de 1:1 usando um Teste Binomial Exato.

Tabela V-26: *Número de machos e fêmeas identificados geneticamente e proporção sexual (F:M = fêmeas para machos) para cada espécie amostrada nas campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e MAP do PMC-BS. *Inclui 2 amostras (1 macho e 1 fêmea) coletadas no norte do estado de Santa Catarina.*

Espécie	Macho	Fêmea	Total	Proporção (F:M)	p
Eubalaena australis	2	0	2	-	-
Balaenoptera musculus	1	2	3	-	-
Balaenoptera physalus	3	3	6	-	-
Balaenoptera borealis	12	16	28	1,33:1	0,572
Balaenoptera brydei	4	9	13	2,25:1	0,267
Balaenoptera acutorostrata	0	1	1	-	-
Balaenoptera bonaerensis	3	3	6	-	-
*Megaptera novaeangliae**	16	9	25	1:1,77	0,230
Physeter macrocephalus	0	5	5	-	-
Orcinus orca	5	0	5	-	-
Peponocechala electra	1	3	4	-	-
Globicephala macrorhynchus	8	5	13	1:1,60	0,581
Tursiops truncatus	36	45	81	1,25:1	0,374
Steno bredanensis	4	11	15	2,75:1	0,118
Sotalia guianensis	1	1	2	-	-
Stenella frontalis	53	57	110	1,07:1	0,775
Stenella longirostris	18	38	56	2,10:1	0,016
Stenella attenuata	7	12	19	1,70:1	0,359
Stenella clymene	5	6	11	1,20:1	1,000
Delphinus delphis	9	15	24	1,66:1	0,307
Total	188	241	429	-	-

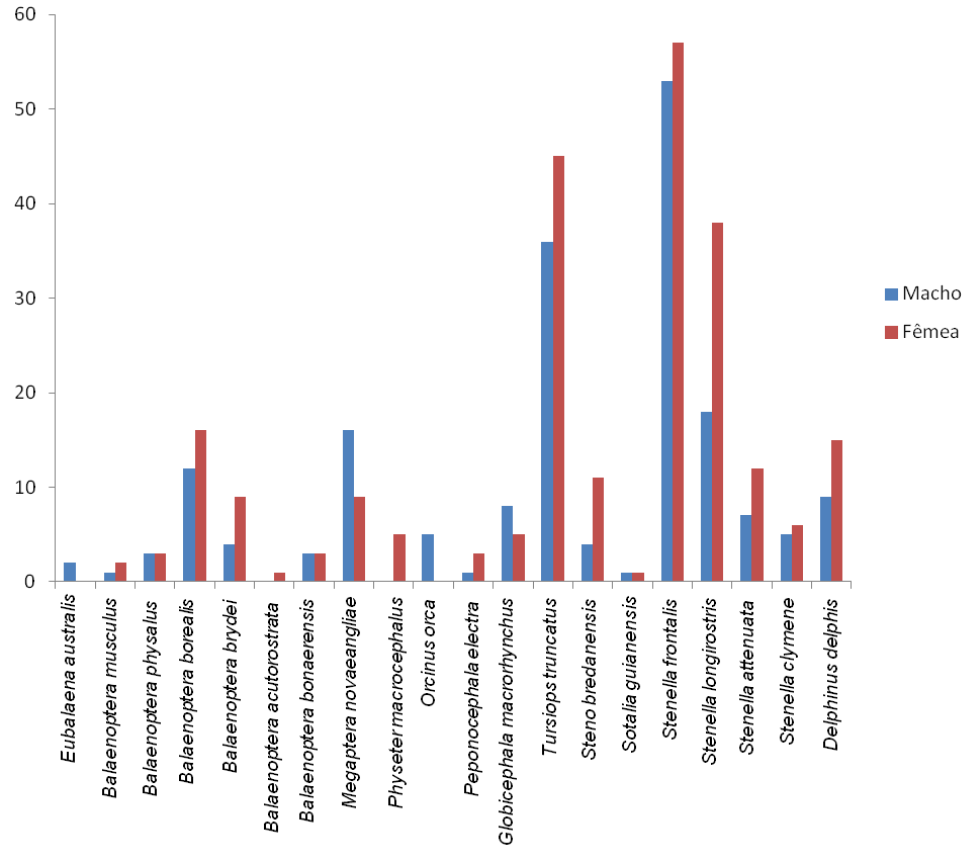


Figura V-92: *Frequência de machos e fêmeas identificados geneticamente para cada espécie amostrada nas campanhas de Telemetria e de Avistagem Embarcada e MAP durante os cinco anos do PMC-BS.*

Das 20 espécies amostradas, a maioria (n = 13) apresentou um número maior de fêmeas, principalmente todos os delfinídeos do gênero *Stenella*, *T. truncatus*, *S. bredanensis* e *D. delphis*, além de dois misticetos bem amostrados (*B. borealis* e *B. brydei*) (**Figura V-92**). Adicionalmente, todas as cachalotes amostradas (n = 5) são fêmeas, corroborando a distribuição dos grupos de fêmeas e imaturos em águas tropicais e subtropicais, enquanto os machos permanecem mais solitários em águas temperadas e circumpolares (WHITEHEAD; WEILGART, 2000).

Embora somente em *S. longirostris* a proporção sexual foi significativamente enviesada para fêmeas (2,1:1; p = 0,016), diferindo da taxa esperada de 1:1, o número amostral é ainda pequeno para *S. clymene*, *S. attenuata*, *S. bredanensis*, *D. delphis* e *B. brydei*. Além disso, estudos genéticos têm apresentado diferentes taxas para essas espécies. Por exemplo,

para o golfinho-comum foi encontrada uma proporção sexual enviesada para fêmeas (2:1) tanto na população oceânica quanto na população costeira da Nova Zelândia (STOCKIN et al., 2014). Entretanto, o mesmo número de fêmeas e de machos de *D. delphis* foi encontrado na costa leste do Oceano Atlântico Norte, corroborando a proporção sexual esperada de 1:1 (AMARAL et al., 2007). Da mesma forma, uma razão sexual ligeiramente maior para fêmeas de *S. frontalis* foi encontrada no oeste do Atlântico Norte e no Golfo do México (1,2:1), e na Ilha de Grande Bahamas (1,4:1) (GREEN et al., 2011; VIRICEL; ROSEL, 2014). Ambos os estudos apresentaram tendência em relação às fêmeas semelhantemente ao que foi encontrado para *S. frontalis* na Bacia de Santos até o momento.

Como discutido no 4° Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2019), diferente dessa tendência em relação às fêmeas encontrada para as espécies de delfinídeos amostradas na Bacia de Santos, a razão sexual foi maior para machos em *S. longirostris* no Arquipélago da Sociedade, Polinésia Francesa (1,7:1), e no Arquipélago de Fernando de Noronha (1,6:1); em *S. frontalis* na Ilha da Madeira (3,3:1) e no Arquipélago dos Açores (1,3:1); em *S. attenuata* (1,3:1) nas ilhas do Havaí; nas populações oceânicas de *T. truncatus* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (1,8:1) e no Arquipélago dos Açores (2,8:1) (OREMUS et al., 2007; QUEROUIL et al., 2007; 2010a; COURBIS et al., 2014; CASTILHO et al., 2015; FARIA et al., 2020).

Alguns autores sugeriram que uma tendência na amostragem pode explicar essa diferença já que as fêmeas com filhote evitaram se aproximar do barco (QUEROUIL et al. 2007; 2010b; CASTILHO et al., 2015). No entanto, nas campanhas do PMC-BS, as fêmeas com filhote das espécies do gênero *Stenella* e de *T. truncatus* se aproximaram da embarcação e, assim como os machos, apresentaram o comportamento de nadar na proa do barco (*bow-riding*).

Por outro lado, a baleia-jubarte e a baleia-piloto apresentaram um número maior de machos (**Figura V-92**)**,** mas também não diferiu significantemente (P > 0,05) da taxa esperada de 1:1 (**Tabela V-26**). Realmente, estudos genéticos de baleia-jubarte têm encontrado uma proporção maior de machos nas áreas de reprodução e uma proporção maior de fêmeas ou uma taxa de 1:1 nas áreas

de alimentação (OLAVARRIA et al., 2007; CARVALHO et al., 2014; SCHMITT et al., 2014; CYPRIANO-SOUZA et al., 2017).

Provavelmente, essa proporção maior de machos de jubarte nas áreas de reprodução deve-se ao custo energético da reprodução e migração, já que as fêmeas tendem a permanecer nas áreas de alimentação por mais tempo para acumular a energia que será gasta durante a lactação e a migração. Além disso, o tempo de permanência das fêmeas na área de reprodução é mais curto do que o dos machos e é temporalmente alternado em função do curto estro e da assincronia deste entre as fêmeas (CRAIG & HERMAN, 1997; CERCHIO et al., 2005). No entanto, embora a razão sexual foi maior para machos (1,2:1) na população de baleias-jubarte que frequenta o litoral do Brasil, considerada estoque reprodutivo A, essa taxa não diferiu da taxa esperada de 1:1 (CYPRIANO-SOUZA et al., 2017).

V.3.5 Estrutura Genética Populacional

Apesar de não existirem barreiras físicas óbvias nos oceanos que impeçam o fluxo gênico e da alta capacidade de dispersão da maioria dos cetáceos, várias espécies possuem maior estrutura populacional do que seria esperado em escalas geográficas relativamente pequenas. O grau de conectividade entre as populações pode ser influenciado por fatores ambientais, como as características do habitat e as mudanças climáticas anteriores, além da associação das condições ecológicas e características comportamentais.

A genética molecular tem sido amplamente utilizada para análise de estrutura populacional em cetáceos, sendo de grande importância para identificar unidades de conservação e estimar fluxo gênico entre as populações (HOELZEL, 2002). Portanto, a técnica pode fornecer importantes informações sobre ocorrência, distribuição, uso de habitat e estrutura populacional dos cetáceos na Bacia de Santos.

A estrutura genética populacional foi investigada preliminarmente para as duas espécies (*T. truncatus* e *S. frontalis*) com maior número amostral do PMC-BS, e que foram amostradas tanto em áreas costeiras quanto em áreas

oceânicas. A estrutura populacional e as relações filogenéticas entre as baleias-sei (*B. borealis*) amostradas na Bacia de Santos, Oceano Atlântico Sul Ocidental e a população de *B. borealis* do Oceano Atlântico Norte também foram investigadas.

Golfinho-nariz-de-garrafa, Tursiops truncatus

O golfinho-nariz-de-garrafa foi a segunda espécie com maior amostragem (n = 82) durante os cinco anos do PMC-BS, e uma das únicas que possui dados genéticos publicados no Brasil para comparação. Recentemente, estudos de morfologia craniana e de genética demonstraram diferenciação entre os ecótipos costeiro e oceânico de *T. truncatus* no Oceano Atlântico Sul Ocidental (COSTA et al., 2016; FRUET et al., 2017; SIMÕES-LOPES et al., 2019).

Enquanto o ecótipo costeiro tem uma distribuição restrita às águas rasas (< 20 metros) do litoral sul do Brasil (acima de 27°S) e estão associados a foz dos rios, estuários e lagoas (SIMÕES-LOPES; FÁBIAN, 1999; LAPORTA et al., 2016), as avistagens do ecótipo oceânico são distribuídas mais amplamente, incluindo águas costeiras e profundas (> 150 metros), até a quebra da plataforma continental (> 100 km) (DI TULLIO et al., 2016; SIMÕES-LOPES et al., 2019). No entanto, alguns autores sugerem que os dois ecótipos são diferentes subespécies (COSTA et al., 2016) ou mesmo espécies (WICKERT et al., 2016) vivendo em simpatria (27°S - 35°S) nas águas do Sul do Brasil.

Nas campanhas do PMC-BS, a maioria das amostras de *T. truncatus* foi coletada próximo à costa (n = 63), em profundidades menores que 60 metros, e o restante (n = 19) foi coletado em áreas oceânicas, no talude continental (**Figura V-93**). No entanto, os indivíduos amostrados apresentaram uma morfologia característica do ecótipo oceânico, com a coloração mais escura, a nadadeira dorsal falcada e o rostro mais curto (SIMÕES-LOPES et al., 2019).

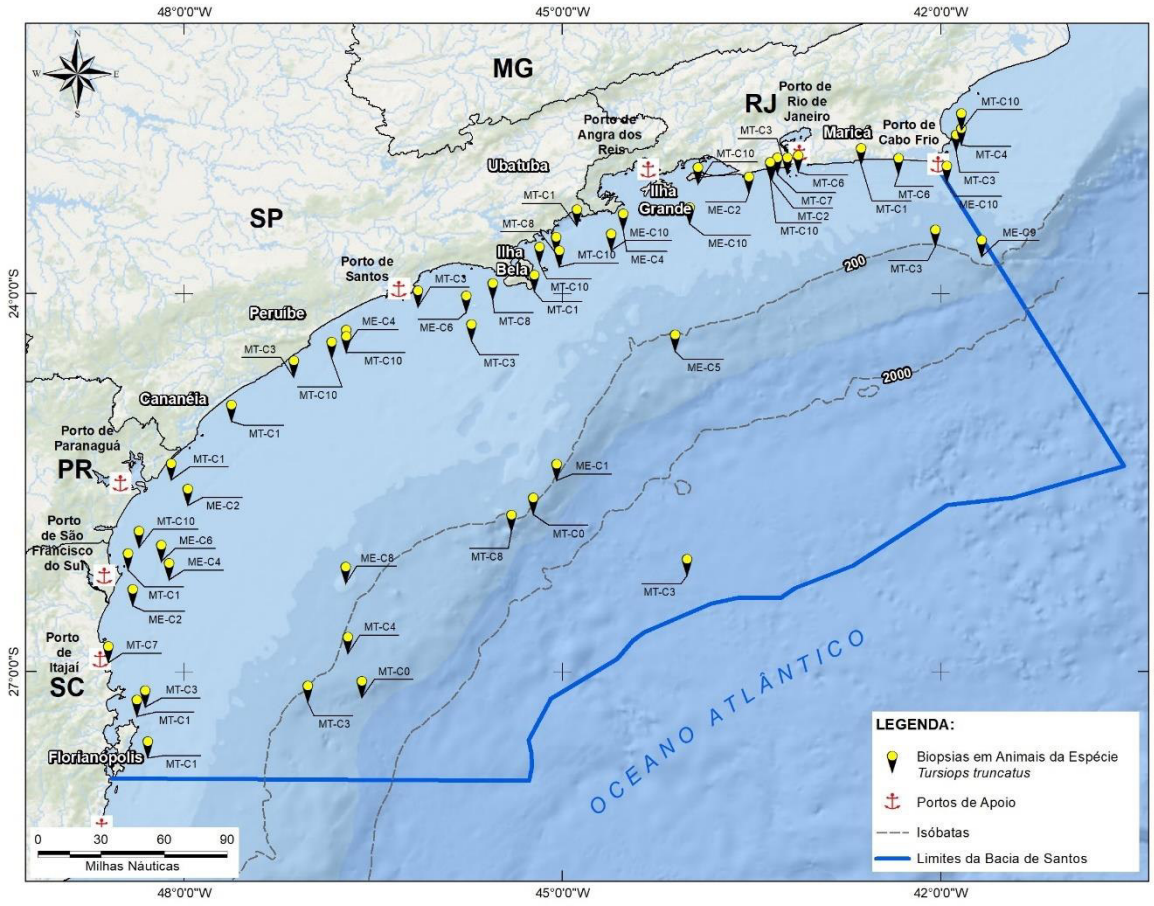


Figura V-93: *Locais de coleta de biópsia de indivíduos de* ***Tursiops truncatus*** *na Bacia de Santos.*

No 4° Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2019), os haplótipos da região controle de DNAmt encontrados nos indivíduos de *T. truncatus* amostrados na Bacia de Santos foram comparados com os haplótipos (números de acesso no GenBank: MF405801 - MF405833; KC896604 e KC896608; KP404604 - KP404611) reportados em estudos genéticos que englobam amostras dos dois ecótipos no Sul do Brasil, além de amostras da Bacia de Campos e Santos, do Nordeste, e da população oceânica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (CASTILHO et al., 2015; COSTA et al., 2015; FRUET et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2019). Como apresentado e discutido no 4° Relatório do PMC-BS, o compartilhamento de oito haplótipos encontrados nas amostras da Bacia de Santos e aqueles encontrados em amostras do ecótipo oceânico indica que os indivíduos de *T. truncatus* amostrados tanto na área costeira quanto oceânica da Bacia de

Santos pertencem ao ecótipo oceânico, com altos níveis de diversidade genética. Este resultado é confirmado pelos padrões de coloração e nadadeira dorsal mais falcada, que indicam que todos os grupos com biópsia coletada no PMC-BS são do ecótipo oceânico (ver SIMÕES-LOPES et al., 2019).

Para avaliar as relações filogenéticas e frequências relativas dos 18 haplótipos encontrados em 80 indivíduos, foi construída uma rede de haplótipos (*network*) *median-joining (MJ)* usando o programa NETWORK 5.0.1.1 (BANDELT et al., 1999). Dos 18 haplótipos, nove foram exclusivos de indivíduos costeiros, cinco foram exclusivos de indivíduos oceânicos, e quatro foram compartilhados entre ambos. Dentre esses, os haplótipos H_3 e H_5 exibiram uma frequência maior de indivíduos costeiros, e o H_2 apresentou uma frequência maior de indivíduos oceânicos (**Figura V-94**).

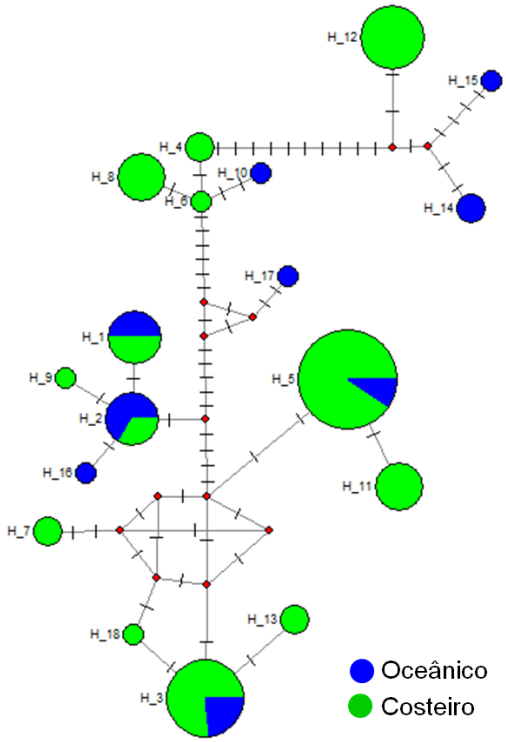


Figura V-94: *Rede de haplótipos median-joining das sequências (675 pares de base) da região controle do DNAmt de* ***Tursiops truncatus*** *da Bacia de Santos. Os círculos representam os 18 haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 80 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados.*

No entanto, para avaliar se existe uma estrutura populacional entre os indivíduos costeiros e oceânicos dentro da Bacia de Santos, a diferenciação genética populacional foi estimada através dos índices F_{ST} e Φ_{ST} (WEIR; COCKERHAM, 1984) para as sequências da região controle do DNAmt e F_{ST} para os locos de microssatélites usando o programa ARLEQUIN 3.5 (EXCOFFIER; LISCHE, 2010). Todas as análises foram realizadas com 10.000 permutações. Os dois índices para DNAmt apresentaram baixa a moderada diferenciação significativa (F_{ST} = 0,048, P = 0,014; Φ_{ST} = 0,067, P = 0,020) entre os indivíduos costeiros e oceânicos. A análise dos locos de microssatélites também evidenciou uma diferenciação significativa (F_{ST} = 0,027, P = 0,000) entre os *T. truncatus* costeiros e oceânicos, mas mais fraca do que aquela obtida com o DNAmt.

A existência de estruturação genética e o provável número de populações (k) de *T. truncatus* na Bacia de Santos foi também avaliada usando os locos de microssatélites e uma abordagem de agrupamento Bayesiano implementada no programa STRUCTURE 2.3.3 (PRITCHARD et al., 2007). Primeiro, foram realizadas cinco corridas independentes para cada número de agrupamento (K) entre 1 e 4, com nenhuma informação sobre local de amostragem, usando os modelos de "*admixture*" e "*correlated allele frequencies*", com eliminação das 500.000 primeiras iterações (*burn-in*) e uma amostragem de 1.000.000 iterações na Cadeia de Markov. Uma segunda série de análises foi realizada usando os mesmos parâmetros, mas com a informação sobre o local de amostragem, separando indivíduos amostrados em áreas costeiras (n = 63) daqueles amostrados em áreas oceânicas (n = 19), para auxiliar na identificação de agrupamentos.

Os resultados gerados foram processados no STRUCTURE HARVESTER 0.6.94 (EARL; VONHOLDT, 2012), que determina o melhor número de agrupamentos usando o método de Evanno (EVANNO et al., 2005). Os múltiplos resultados gerados pelo STRUCTURE foram resumidos no CLUMPP (JAKOBSSON; ROSENBERG, 2007) e exibidos graficamente pelo DISTRUCT (ROSENBERG, 2004).

Os resultados do STRUCTURE, com e sem informação sobre local de amostragem, apresentaram a maior probabilidade posterior (Mean LnP(K) = -2607) de K = 1, indicando uma única população de *T. truncatus* na Bacia de Santos. No entanto, esses resultados não foram corroborados pelo método ΔK de Evanno, que favoreceu K = 3 na análise sem informação sobre local de amostragem, e K = 2 na análise com informação sobre local de amostragem, separando os indivíduos amostrados na costa daqueles amostrados no Talude (**Figura V-95**). Além disso, os indivíduos costeiros exibiram altos valores de atribuição (> 95%) para um único grupo no gráfico para K = 2, enquanto os indivíduos oceânicos apresentaram aproximadamente 60% dos valores de atribuição de um segundo grupo e compartilharam 40% com os costeiros (**Figura V-95**). Para K = 3, os indivíduos oceânicos exibiram 50% dos valores de atribuição a um grupo, e compartilharam aproximadamente 35% e 15% com um segundo e um terceiro grupo encontrado nos indivíduos costeiros (**Figura V-95**).

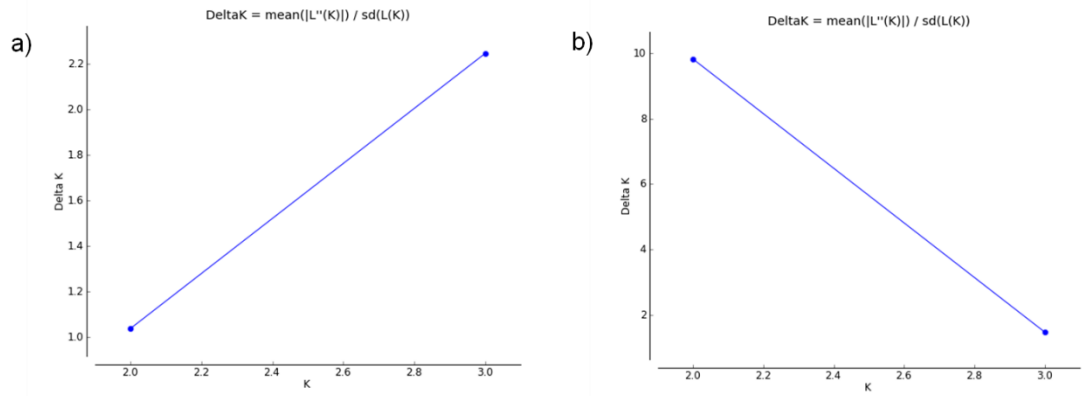


Figura V-95: *ΔK calculado usando STRUCTURE HARVESTER para agrupamentos de 1 a 4 dos* ***Tursiops truncatus*** *da Bacia de Santos. a) sem informação sobre local de amostragem e b) com informação sobre local de amostragem.*

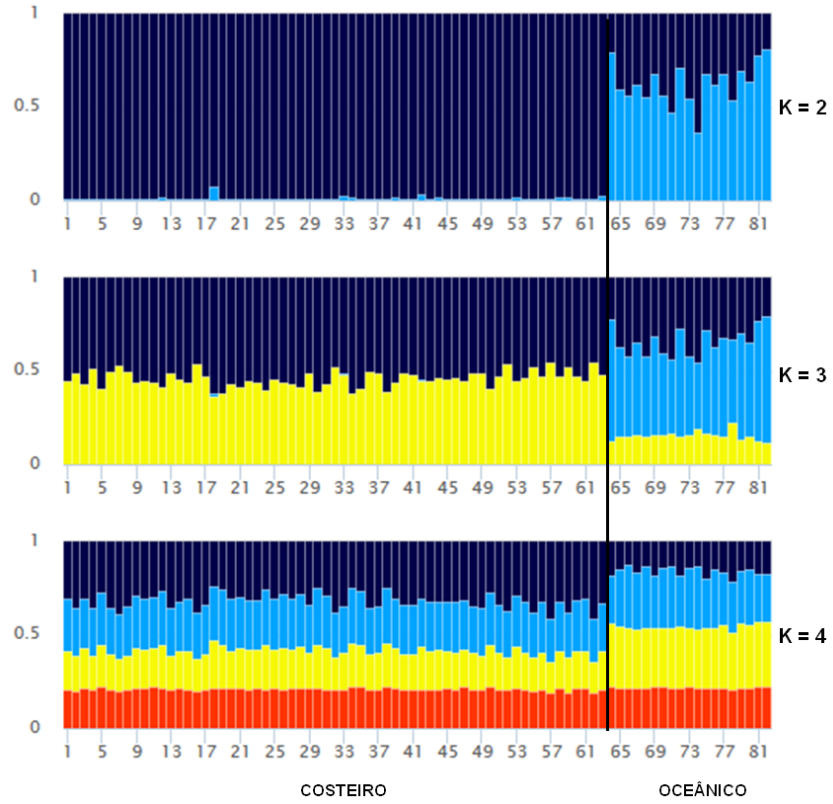


Figura V-96: *Gráfico do STRUCTURE com a proporção de associação de cada indivíduo de* ***Tursiops truncatus*** *a cada agrupamento para K = 2 a K = 4 com o local de amostragem na Bacia de Santos informado (costeiro x oceânico). Cada indivíduo é representado por uma barra vertical dividida em segmentos coloridos com o comprimento indicando o coeficiente de associação a cada agrupamento.*

Essa discrepância nos resultados pode ser causada por uma subestruturação nos indivíduos oceânicos, como indicada pelo método ΔK de Evanno sem informação sobre local de amostragem (K = 3), e pelo gráfico com os valores de atribuição. Entretanto, pode ser falha do STRUCTURE (estimando K = 1 pelo Mean LnP(K)) para detectar diferenças entre os indivíduos costeiros e oceânicos devido à baixa diferenciação genética nuclear. O valor de F_{ST} mais baixo para os microssatélites e a falta de detecção de estruturação pelo STRUCTURE também sugerem um recente fluxo gênico realizado principalmente pelos machos.

Esses resultados reforçam que o ecótipo oceânico de *T. truncatus* apresenta maior diversidade genética e menor diferenciação genética do que

ecótipo costeiro, no qual as populações são restritas às águas rasas. Da mesma forma, a falta de estruturação genética dos indivíduos amostrados na costa do ecótipo oceânico corrobora os dados sobre movimentos da espécie por transmissores satelitais e fotoidentificação (ver **item V.2.3 Movimentos**), que indicaram deslocamentos latitudinais de longa distância ao longo da costa sul e sudeste do Brasil.

Apesar de preliminares, esses resultados são importantes para a compreensão da estrutura genética populacional dessa espécie na Bacia de Santos. O monitoramento em longo prazo, com constante amostragem, aumentando principalmente o n amostral da região oceânica, e análises mais robustas vão aprimorar os resultados em escala mais fina.

Golfinho-pintado-do-Atlântico, Stenella frontalis

O golfinho-pintado-do-Atlântico foi a espécie com maior amostragem (n = 110) nas campanhas do PMC-BS, sendo que 58 indivíduos foram amostrados próximo à costa (profundidade abaixo de 80 metros) e 52 indivíduos em áreas oceânicas (**Figura V-97**). Um total de 14 haplótipos da região controle de DNAmt foi encontrado nesses indivíduos e, para avaliar suas relações filogenéticas e frequências relativas, foi construída uma rede de haplótipos (*network*) *median-joining (MJ)* usando o programa NETWORK 5.0.1.1. Dos 14 haplótipos, três foram exclusivos de três indivíduos costeiros, três foram exclusivos de três indivíduos oceânicos, e oito foram compartilhados entre ambos, sendo que três (H_2, H_3 e H_5) apresentaram uma frequência maior de indivíduos oceânicos e três (H_7, H_8, H_9) uma frequência maior de indivíduos costeiros (**Figura V-98**).

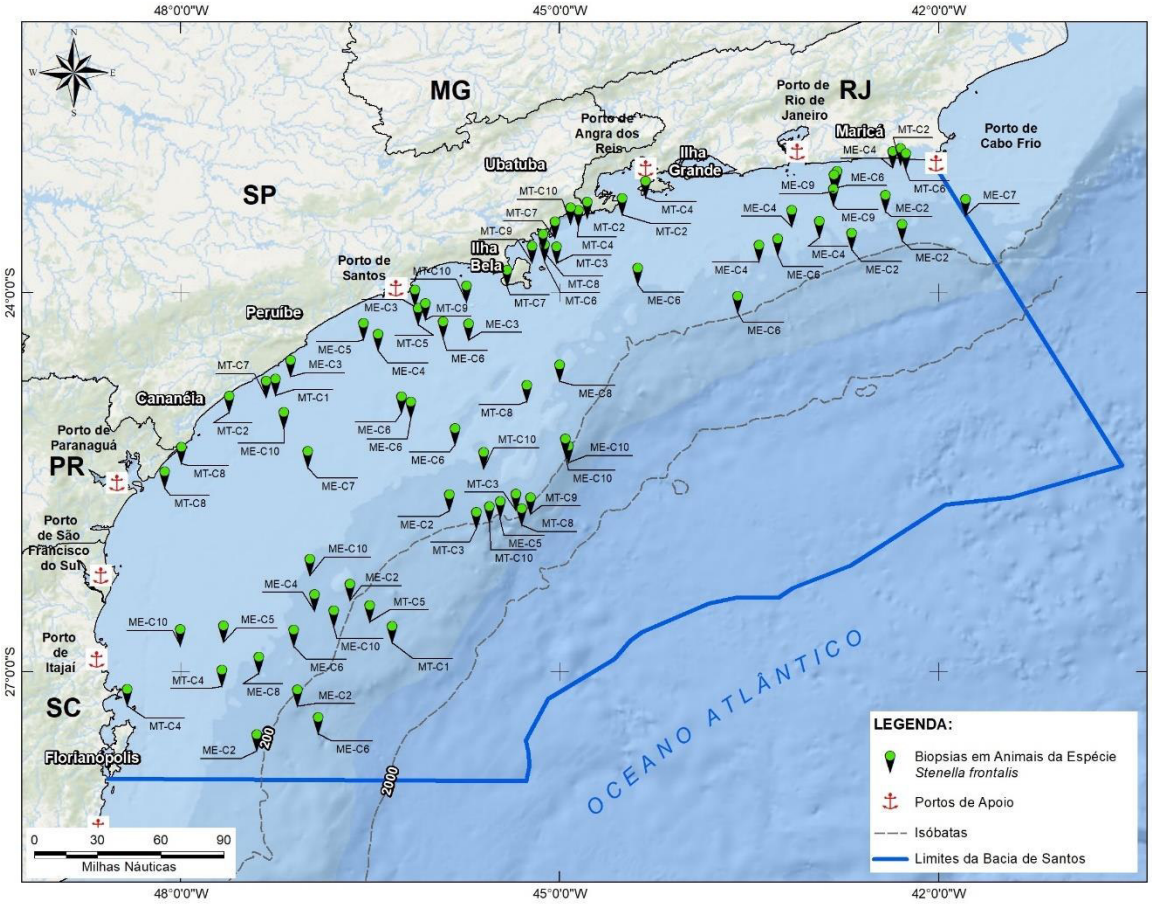


Figura V-97: *Locais de coleta de biópsia de indivíduos de* ***Stenella frontalis*** *na Bacia de Santos.*

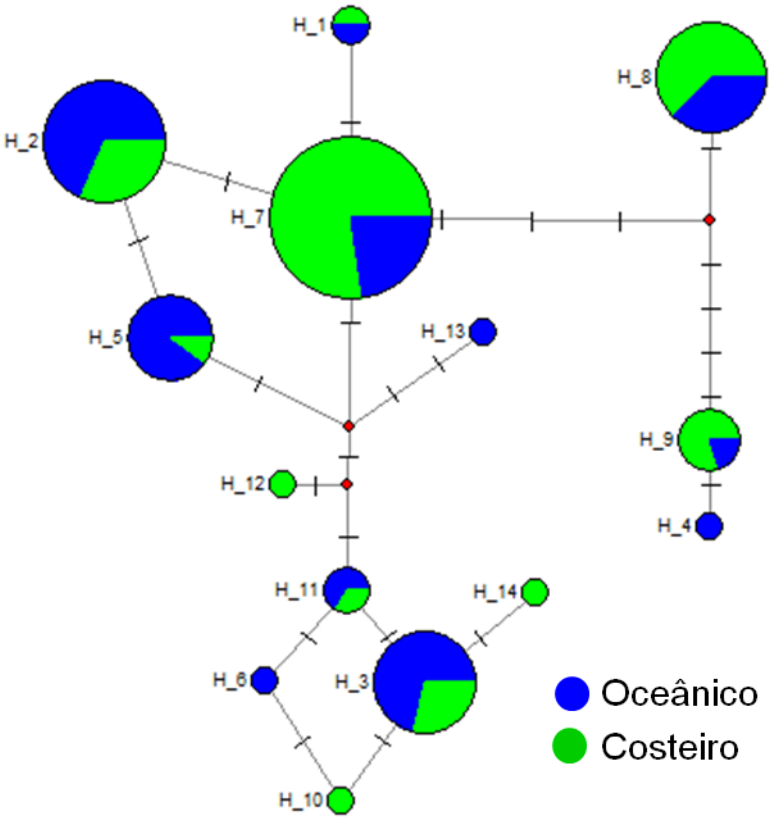


Figura V-98: *Rede de haplótipos median-joining das sequências (685 pares de base) da região controle do DNAmt de* ***Stenella frontalis*** *da Bacia de Santos. Os círculos representam os 14 haplótipos encontrados, e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 110 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados.*

Conforme o 4° Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2019), os haplótipos da região controle de DNAmt encontrados nos indivíduos de *S. frontalis* amostrados na Bacia de Santos foram comparados com os haplótipos (números de acesso no GenBank: KC204733 - KC204735; KC204737, KC204738 e KC204740) encontrados em indivíduos do Brasil e do Caribe (CABALLERO et al., 2013) e, como esperado, houve compartilhamento com todos os três haplótipos do Brasil, mas não com os haplótipos do Caribe. Dois dos três haplótipos compartilhados foram encontrados tanto em indivíduos amostrados na costa quanto em indivíduos amostrados no Talude.

No oeste do Oceano Atlântico Norte, o padrão de estrutura populacional de *S. frontalis* demonstra uma diferenciação entre as populações costeiras e oceânicas. Os indivíduos dessas populações correspondem a dois morfotipos diferenciados pela morfologia, genética e uso de habitat, podendo até mesmo ser considerados subespécies (VIRICEL & ROSEL, 2014). Os haplótipos de *S. frontalis* da Bacia de Santos também foram comparados (Ver Relatório Anual 4) com os haplótipos (números de acesso no GenBank: EF682650 - EF682840; JX414567 - JX414596) encontrados em indivíduos do oeste do Oceano Atlântico Norte, do golfo do México, do Arquipélago dos Açores e do Arquipélago de Madeira (QUEROIUL et al., 2010; VIRICEL & ROSEL, 2014). Quatro haplótipos foram compartilhados com aqueles encontrados em indivíduos amostrados em águas oceânicas de todas essas localidades, sugerindo que a população de *S. frontalis* da Bacia de Santos faz parte do morfotipo oceânico descrito por Perrin et al. (1987). No entanto, Viricel & Rosel (2014) encontraram cinco haplótipos compartilhados entre os morfotipos da plataforma continental e oceânico, e sugerem que esses haplótipos são ancestrais e ainda não alcançaram uma "*complete lineage sorting*", que significa a segregação completa desses haplótipos dentro das linhagens.

Para avaliar se existe uma diferenciação genética populacional entre os indivíduos costeiros e oceânicos dentro da Bacia de Santos, os índices F_{ST} e Φ_{ST} foram estimados para as sequências da região controle do DNAmt e o F_{ST} para os locos de microssatélites usando o programa ARLEQUIN 3.5. Todas as análises foram realizadas com 10.000 permutações. Uma diferenciação significativa moderada (F_{ST} = 0,074, p = 0,000; Φ_{ST} = 0,044, p = 0,011) para o DNAmt foi encontrada entre os indivíduos costeiros e oceânicos. Para os locos de microssatélites, também foi encontrada uma diferenciação significativa (F_{ST} = 0,010, p = 0,000) entre os *S. frontalis* costeiros e oceânicos, mas bem mais fraca do que aquela obtida com o DNAmt.

Adicionalmente, a existência de estruturação genética e o provável número de populações (K) de *S. frontalis* na Bacia de Santos foi avaliada usando os locos de microssatélites por meio da análise bayesiana no programa STRUCTURE 2.3.3. Cinco corridas independentes para cada agrupamento (K entre 1 e 4) foram realizadas usando os mesmos parâmetros, modelos e

comprimento descritos acima para *T. truncatus*. Da mesma forma, uma segunda análise foi realizada com informação prévia sobre local de amostragem, separando indivíduos amostrados em áreas costeiras (n = 58) daqueles amostrados em áreas oceânicas (n = 52). Os resultados gerados foram processados no STRUCTURE HARVESTER, resumidos no CLUMPP e exibidos graficamente pelo DISTRUCT.

Ambas as análises (com e sem informação sobre local de amostragem) apresentaram a maior probabilidade posterior (Mean LnP(K) = -4322, respectivamente) para uma única população (K = 1) de *S. frontalis* na Bacia de Santos. No entanto, esses resultados não foram corroborados pelo método ΔK de Evanno, que favoreceu K = 3 (**Figura V-99**) nas duas análises. Além disso, os indivíduos oceânicos apresentaram altos valores de atribuição (> 95%) para um único grupo no gráfico para K = 2, enquanto os indivíduos costeiros exibiram aproximadamente 60% dos valores de atribuição a um segundo grupo e compartilharam 40% com os oceânicos (**Figura V-100**). Para K = 3, a maioria dos indivíduos oceânicos apresentaram 75% dos valores de atribuição a um grupo e 25% a um segundo, e a maioria dos indivíduos costeiros exibiram aproximadamente 70% dos valores de atribuição a um grupo e compartilharam 30% com os indivíduos oceânicos. No entanto, alguns indivíduos amostrados na costa e no Talude mostraram valores de atribuição similares no gráfico para K = 3 e K = 4 (**Figura V-100**), sugerindo uma terceira população.

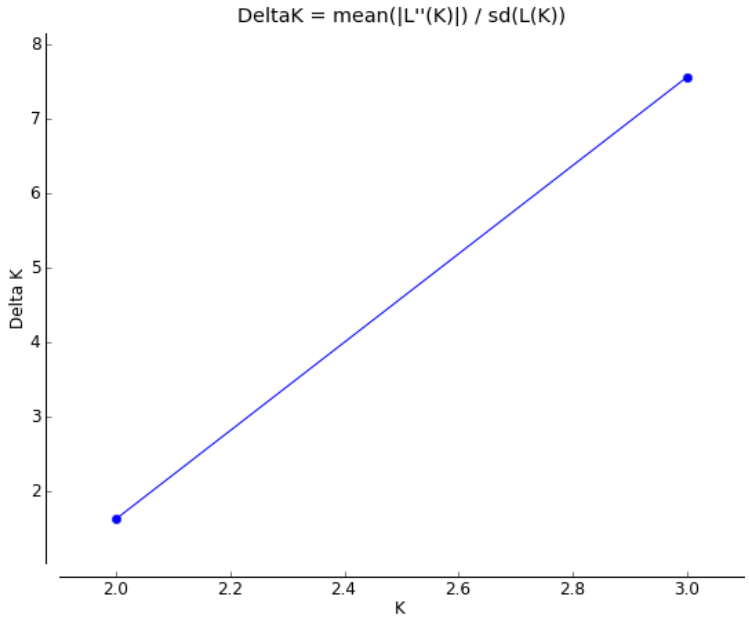


Figura V-99: *ΔK calculado usando STRUCTURE HARVESTER para agrupamentos de 1 a 4 dos* ***Stenella frontalis*** *da Bacia de Santos.*

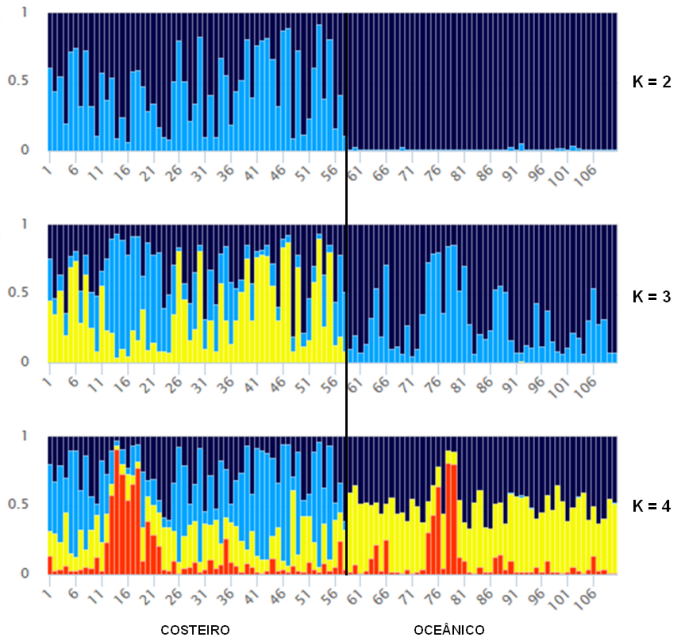


Figura V-100: *Gráfico do STRUCTURE com a proporção de associação de cada indivíduo de* ***Stenella frontalis*** *a cada agrupamento para K = 2 a K = 4 com o local de amostragem na Bacia de Santos informado (costeiro x oceânico). Cada indivíduo é representado por uma barra vertical dividida em segmentos coloridos com o comprimento indicando o coeficiente de associação a cada agrupamento.*

Embora os resultados do STRUCTURE não tenham detectado diferenças (estimando K = 1 pelo Mean LnP(K)) entre os indivíduos costeiros e oceânicos, tanto o método ΔK de Evanno (k = 3) quanto os gráficos de valores de atribuição indicaram uma subestruturação na população, sendo que os valores similares de alguns indivíduos amostrados na costa e no Talude sugere uma terceira população que frequenta as duas áreas. Waples & Gaggiotti (2006) mostraram que o programa falha ao detectar mais de um agrupamento quando o grau de divergência genética populacional é inferior a 0,025, o que corresponde a 10 migrantes por geração.

Além disso, os resultados da diferenciação genética, baseados em DNAmt e microssatélites, apresentaram uma significativa estrutura genética populacional entre os indivíduos de *S. frontalis* amostrados em águas costeiras e oceânicas. No entanto, essa diferenciação genética foi de moderada à baixa, sendo que o valor de F_{ST} muito mais baixo para os microssatélites também sugere um recente fluxo gênico realizado principalmente pelos machos.

Esses resultados preliminares auxiliam na compreensão da estrutura genética populacional de *S. frontalis* na Bacia de Santos. No entanto, o aumento do n amostral em longo prazo e do número de locos permitirá análises mais robustas e resultados mais acurados para a espécie.

Baleia-sei, Balaenoptera borealis

A baleia-sei foi a espécie de misticeto com maior amostragem (n = 28) nas campanhas do PMC-BS (**Figura V-101**). No entanto, a espécie é uma das baleias menos estudadas, e sua estrutura genética populacional no Oceano Atlântico Sul Ocidental é totalmente desconhecida. O ciclo anual migratório da baleia-sei entre as baixas e altas latitudes é similar ao padrão migratório anual da maioria dos misticetos, com uma separação antitropical temporal entre populações em diferentes hemisférios.

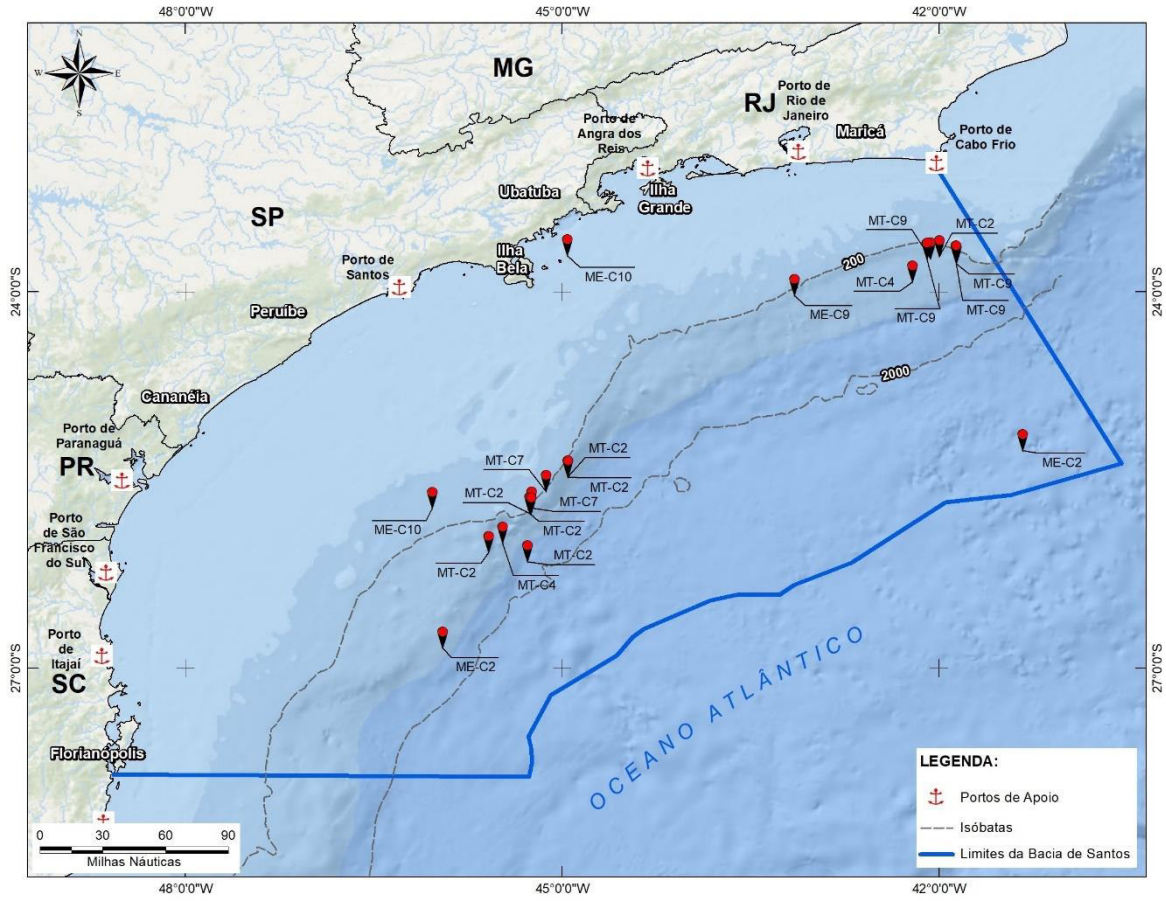


Figura V-101: *Locais de coleta de biópsia de indivíduos de Balaenoptera borealis na Bacia de Santos.*

Recentemente, um estudo genético comparando as populações de baleia-sei do Oceano Atlântico Norte e Pacífico Norte, baseado na genealogia das sequências da região controle do DNAmt, apresentou uma clara divisão dos haplótipos em dois clados, representando cada oceano. No entanto, um haplótipo (Hap 6) encontrado em um indivíduo amostrado no Arquipélago dos Açores foi incluído no clado do Pacífico Norte (HUIJSER et al., 2018). Os autores sugeriram que esse haplótipo deve representar uma recente linhagem maternal imigrante do Oceano Atlântico Sul ou uma linhagem do DNAmt rara do Atlântico Norte.

Para investigar a estrutura genética das baleias-sei amostradas na Bacia de Santos, os 18 haplótipos encontrados até o momento foram comparados com os sete haplótipos (números de acesso no GenBank: MH035689 -

MH035695) encontrados em 84 indivíduos do Atlântico Norte (HUIJSER et al., 2018). Para incluir as sequências dos sete haplótipos publicados, o alinhamento (708 pares de bases) das 28 sequências da Bacia de Santos foi encurtado para 481 pares de bases. Esse alinhamento de 112 sequências resultou em 24 haplótipos definidos por 23 sítios polimórficos. Um merecido destaque foi o compartilhamento do haplótipo (Hap 6) encontrado no indivíduo do Arquipélago dos Açores com o haplótipo de uma fêmea (G381) amostrada na Bacia de Santos no dia 06 de setembro de 2019, durante a Campanha de Avistagem e MAP do ciclo 9.

Para avaliar a relação ancestral entre os haplótipos de DNAmt encontrados nos dois oceanos, uma árvore filogenética foi construída usando o método de máxima verossimilhança implementado no MEGA 6.06 (TAMURA et al., 2013). O modelo *Kimura's 2-parameter* foi selecionado, e a árvore consenso e o suporte para cada nó foram inferidos por 10.000 réplicas de amostragem (FELSENSTEIN, 1985). A genealogia foi enraizada com as sequências homólogas da região controle do DNAmt de uma balei-fin (*B. physalus*) e uma baleia-de-Bryde (*B. brydei*) amostradas na Bacia de Santos. Além disso, as relações filogenéticas entre os haplótipos de DNAmt e suas frequências relativas em cada população também foram avaliadas por meio de uma rede de haplótipos (*network*) *median-joining (MJ)* construída com NETWORK 5.0.1.1, usando os parâmetros padrões (BANDELT et al., 1999).

A reconstrução filogenética dos haplótipos de DNAmt abrangeu dois clados, um contendo os seis haplótipos encontrados nos indivíduos do Atlântico Norte, e outro contendo os 18 haplótipos encontrados nos indivíduos do Atlântico Sul, incluindo o haplótipo Hap 6 encontrado em um indivíduo amostrado no Arquipélago dos Açores e em um indivíduo amostrado na Bacia de Santos (**Figura V-102**).

Da mesma forma, a rede de haplótipos apresentou dois grupos de haplótipos separados por um mínimo de oito passos mutacionais, um haplogrupo incluindo os seis haplótipos do Atlântico Norte, e outro haplogrupo com os 18 haplótipos (Hap 8 a Hap 24) do Atlântico Sul, incluindo o haplótipo Hap 6 do Atlântico Norte (**Figura V-103**). Interessantemente, o haplogrupo do Atlântico Norte apresentou um haplótipo central (Hap 3) mais frequente (n =

43) e os outros cinco haplótipos partindo desse, todos diferindo por um único passo mutacional, característico de uma rede haplotípica em formato de estrela, que é um indício de expansão populacional (**Figura V-103**).

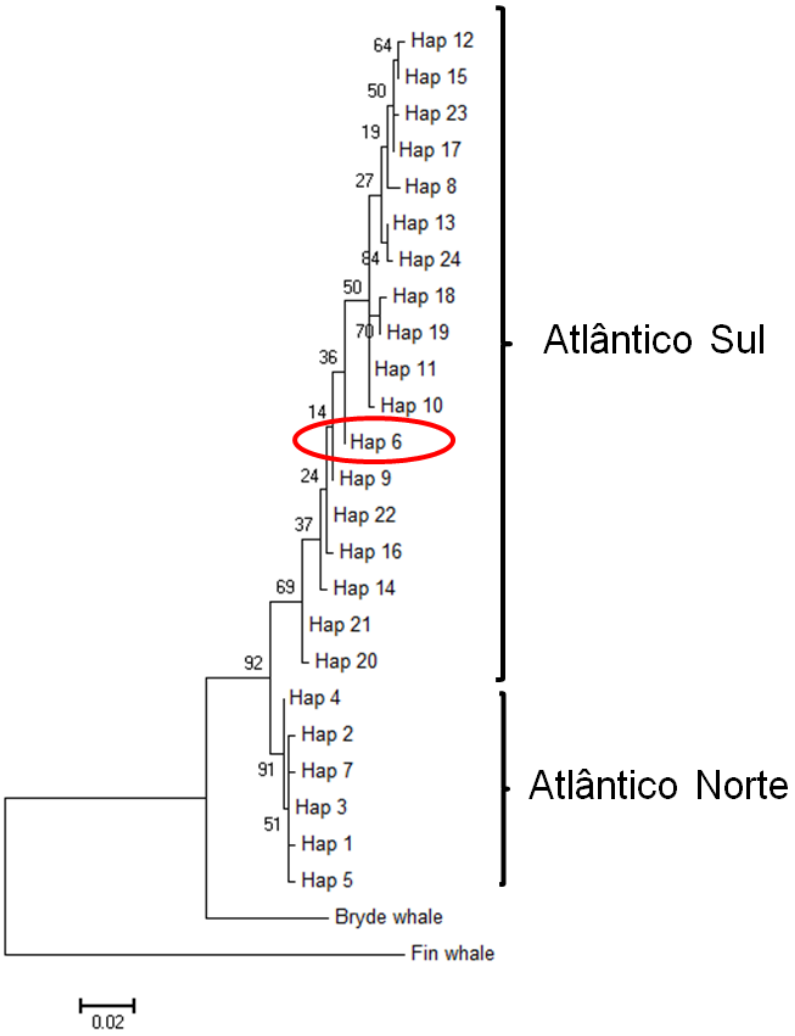


Figura V-102: *Árvore filogenética da máxima verossimilhança dos haplótipos de DNAmt de* ***Balaenoptera borealis*** *dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Haplótipo Hap 6 do Atlântico Norte destacado no clado do Atlântico Sul.*

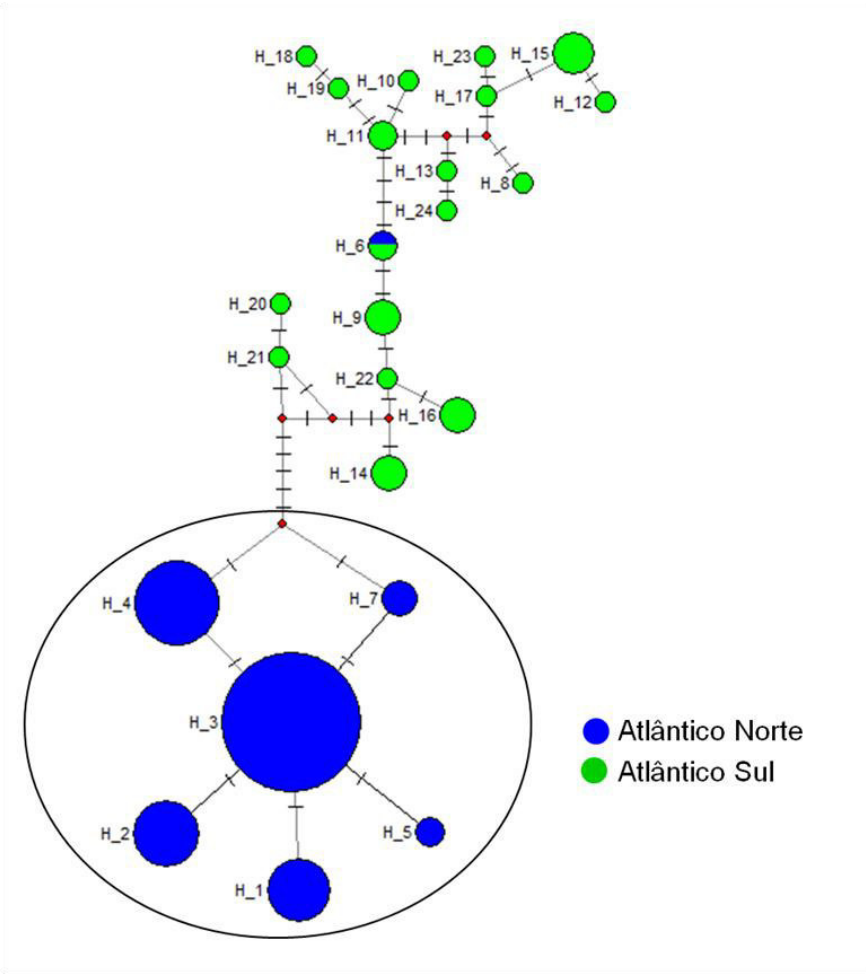


Figura V-103: *Rede de haplótipos median-joining das sequências (481 pares de base) da região controle do DNAmt de* ***Balaenoptera borealis*** *dos oceanos Atlântico Sul e Norte. Os círculos representam os 24 haplótipos encontrados e seus tamanhos são proporcionais à frequência de haplótipos sobre os 112 indivíduos amostrados. Os traços representam os passos mutacionais entre os haplótipos, enquanto os pontos vermelhos representam os haplótipos extintos ou não amostrados. A elipse destaca o haplogrupo do Atlântico Norte em forma de estrela.*

Adicionalmente, a diferenciação genética entre as populações dos dois oceanos foi estimada com base nos índices F_{ST} e Φ_{ST} para as sequências da região controle do DNAmt usando o programa ARLEQUIN 3.5. Todas as análises foram realizadas com 10.000 permutações. Os dois índices apresentaram uma alta diferenciação significativa (F_{ST} = 0,196; Φ_{ST} = 0,787, p = 0,000) entre as populações de baleia-sei dos Oceanos Atlântico Norte e Sul.

Finalmente, o tamanho de cada população em escala de mutação ($\Theta = 2N_e\mu$) e as taxas de migração em escala de mutação ($M = m/\mu$) foram estimados usando uma abordagem coalescente Bayesiana implementada no programa MIGRATE-N 3.6.4 (BEERLI, 2008). As análises foram conduzidas para 10 réplicas, com 10.000 genealogias registradas a cada 200ª estimativa genealógica, com eliminação das 500.000 primeiras iterações (*burn-in*). O número efetivo de migrantes (N_em) por geração foi estimado multiplicando Θ e M.

As análises coalescentes no MIGRATE estimaram um Θ para a população de baleia-sei do Atlântico Sul em uma ordem de magnitude maior do que o Θ estimado para a população do Atlântico Norte (**Figura V-104**), corroborando a menor diversidade genética (h = 0,520 e π = 0,20%) encontrada nas baleias-sei desse oceano comparada àquela da população amostrada na Bacia de Santos (h = 0,958 e π = 0,82%). Além disso, embora as estimativas de fluxo gênico maternal entre os dois oceanos sejam assimétricas, sendo maior do Atlântico Sul para o Atlântico Norte, elas foram muito baixas, consistindo em apenas um migrante por quatro gerações ou menos (**Figura V-104**).

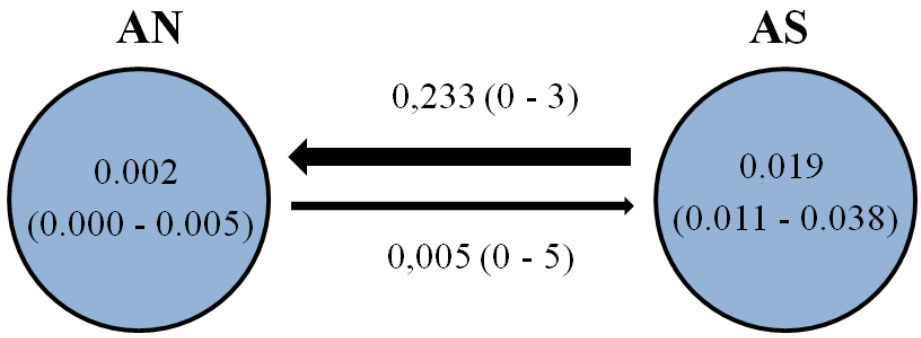


Figura V-104: *Diagrama mostrando as estimativas coalescentes de Θ (dentro dos círculos) e fluxo gênico maternal de longo prazo (setas) entre as populações de baleia-se do Atlântico Norte (AN) e do Atlântico Sul (AS). A largura das setas corresponde ao número de imigrantes por geração (N_em) entre as populações.*

Todos os resultados baseados nos dados de DNA mitocondrial indicaram que as baleias-sei dos oceanos Atlântico Norte e Sul são geneticamente distintas. Além da alta e significativa divergência genética entre essas

populações, a população de baleias-sei do Atlântico Norte apresentou uma diversidade genética intermediária e a rede haplotípica em formato de estrela, sugerindo uma expansão populacional, como já foi sugerido em estudo anterior (HUIJSER et al., 2018).

No entanto, o compartilhamento do haplótipo Hap 6 encontrado em um indivíduo do Arquipélago dos Açores e uma fêmea amostrada na Bacia de Santos sugere uma recente migração da linhagem maternal do oceano Atlântico Sul para o Atlântico Norte. Embora preliminares, estes resultados são importantes para a compreensão da estrutura genética populacional, das conexões migratórias e isolamento das baleias-sei no Oceano Atlântico.

V.4 Padrões comportamentais

V.4.1 Comportamento de mergulho

O mergulho e o uso vertical dos habitats marinhos são características importantes do comportamento dos cetáceos. Todos os cetáceos utilizam a superfície marinha quando respiram, mas diversas espécies utilizam também estratos mais profundos dos mares. A forma como as espécies utilizam a coluna d'água está fortemente relacionada com a sua ecologia, como a localização de suas presas e a sua capacidade de apneia. Assim, o comportamento de mergulho de cada espécie, ou mesmo população, está fortemente influenciado por uma variedade de fatores, incluindo aspectos do ambiente e dos próprios indivíduos.

O tamanho do indivíduo, a idade e o sexo são fatores que influenciam a capacidade de mergulho, enquanto escalas de tempo nictemerais, sazonais ou interanuais influenciam na abundância e distribuição de suas presas na coluna d'água. A combinação destes fatores é que definirá como os indivíduos vão utilizar a coluna d'água (BAIRD et al., 2002; 2005). Mergulhos mais longos, seja para alimentação ou durante a migração, no caso das espécies migratórias de misticetos, tendem a ser seguidos por uma série de curtos intervalos respiratórios antes do início de outro mergulho prolongado (BERTA; SUMICH, 1999).

Obtenção e análise de informações sobre mergulhos por meio dos transmissores satelitais

A análise de dados foi baseada nas informações de comportamento de mergulho computadas por duas planilhas geradas pelo transmissor (*Behavior* e *Histo*). A primeira classifica os mergulhos em três categorias, considerando parâmetros preestabelecidos para a definição de um mergulho (profundidade e duração mínimas). Não há consenso na literatura sobre o valor ideal para cada espécie, mas em geral esta definição considera o tamanho de um indivíduo adulto. As três categorias estabelecidas, baseadas no formato das

imersões, refletem o perfil de mergulho: *Square*, *U* e *V*. A definição destas categorias considera a proporção de tempo que o animal permanece no fundo, descida/subida mais rápida ou lenta e tempo em cada profundidade. A segunda planilha agrupa as informações de mergulho em categorias previamente definidas, gerando informações de três histogramas: proporção de tempo ao longo do dia em que o animal permanece em cada categoria de profundidade pré-estabelecida (*time-at-depth*, TAD); número de mergulhos em diferentes categorias de profundidade pré-estabelecidas; e número de mergulhos em diferentes categorias de tempo (duração do mergulho) pré-estabelecidas. Para o primeiro foi calculada a frequência média entre os indivíduos, enquanto para os outros dois histogramas foi calculada a frequência geral, considerando o total de mergulho de todos os indivíduos juntos. Para fins de visualização, as categorias previamente definidas na programação foram posteriormente agrupadas em categorias mais amplas.

Foram obtidas informações sobre o comportamento de mergulho de 11 espécies, sendo seis misticetos (*Balaenoptera musculus*, *B. physalus, B. brydei, B. borealis, B. bonaerensis* e *Megaptera novaeangliae*), o cachalote (*Physeter macrocephalus*) e quatro delfinídeos (*Tursiops truncatus, Orcinus orca, Globicephala macrorhynchus* e *Grampus griseus*) (**Tabela V-27**).

Não houve transmissão de informações de mergulho para *Peponocephala electra* e *Steno bredanensis*, embora tenham sido transmitidas informações de posição dos indivíduos marcados. Este fato pode estar associado ao curto período de permanência do transmissor nestes indivíduos e ao comportamento das espécies, associado à posição do transmissor no corpo do animal, fatores que podem reduzir a janela de tempo disponível na superfície para o envio de dados. Vale destacar que os dados de posição são sempre priorizados no envio.

Para a análise da relação entre profundidade de mergulhos e profundidade local, primeiramente estimou-se a posição de mergulho utilizando o pacote Crawl do R, por meio do qual as previsões são feitas com base no tempo médio entre o início e o fim da mensagem de mergulho. As posições de mergulho estimadas permitiram extrair a informação de profundidade local utilizando a base de dados de batimetria do NOAA. A relação entre profundidade de

mergulho e profundidade local foi testada por meio de uma regressão linear, no caso das espécies com apenas um indivíduo monitorado (*B. musculus, B. physalus e G. griseus*), e por meio de uma Análise de Covariância (ANCOVA) no caso das espécies em que foram monitorados dois indivíduos ou mais (Zar, 2010).

Não foi possível realizar esta análise para *T. truncatus*, pois a proximidade que os indivíduos mantiveram com a linha de costa gerou muita imprecisão na extração da informação de batimetria. Antes da montagem dos modelos, aplicou-se a transformação de Box-Cox, que indica a melhor transformação a ser aplicada na variável resposta com base no parâmetro λ que maximiza o logaritmo da verossimilhança (GOTELLI; ELLISON, 2011). Os modelos tipo ANCOVA foram aplicados com a interação entre os indivíduos (variável categórica com níveis = n indivíduos) e a covariável profundidade local para investigar se existem diferentes relações entre profundidade de mergulho e profundidade local para cada indivíduo. Os modelos foram simplificados em duas etapas: 1) retirada da interação (diferença apenas entre interceptos) e 2) retirada dos indivíduos (relação independente do indivíduo). Os modelos foram comparados entre si (modelo completo vs modelo mais simples), sendo selecionado o modelo mais simples sempre que o teste F tenha indicado que o aumento da soma dos quadrados dos resíduos não foi significativo (CRAWLEY, 2013).

Para visualizar a porção da coluna d´água utilizada pelas espécies, foram elaborados gráficos apresentando conjuntamente a profundidade de mergulho e a profundidade local, plotadas em função da latitude, considerando a movimentação no sentido norte-sul observada para a maioria das espécies, com exceção de *B. brydei*, para a qual foi considerada a longitude, porque sua movimentação ocorreu mais no sentido leste-oeste. Todas as análises e gráficos foram realizadas em ambiente R (R CORE TEAM, 2020).

Tabela V-27: *Características dos mergulhos das espécies marcadas com transmissores satelitais ao longo dos cinco anos de PMC-BS. Os valores mínimos entre parênteses indicam qual a profundidade mínima definida para considerar uma imersão como sendo um mergulho.*

Espécie	Nº tags	Nº mergulhos	Duração (minutos) (média ± desvio padrão) (máxima)	Profundidade (metros) (média ± desvio padrão) (máxima)
Família Balaenopteridae				
Balaenoptera musculus (mínimo = 10 metros)	1	1.895 (2.730)	6 ± 3,8 19,1	44,8 ± 46,6 387,5
Balaenoptera physalus (mínimo = 10 metros)	1	115 (238)	5,9 ± 4,9 18,6	30 ± 30,2 209,5
Balaenoptera borealis (mínimo = 10 metros)	12	4.283 (8.450)	4 ± 3,2 20,9	14,7 ± 11,5 193,5
Balaenoptera brydei (mínimo = 10 metros)	3	289 (143)	3,8 ± 3,03 24,8	25,6 ± 13,9 120,2
Balaenoptera bonaerensis (mínimo = 5 metros)	2	585	3,9 ± 3,9 19,3	15,5 ± 19,7 181,5
Megaptera novaeangliae (mínimo = 10 metros)	7	6.716 (9.088)	3,3 ± 2,8 26,8	36,2 ± 37,05 355,5
Família Physeteridae				
Physeter macrocephalus (mínimo = 10 metros)	3	795	18,1 ± 19,6 65,8	234,1 ± 347,1 1.447,5
Família Delphinidae				
Orcinus orca (mínimo = 5 metros)	5	5.502 (5.876)	3,9 ± 1,9 16,4	32,2 ± 42,9 403,5

Espécie	Nº tags	Nº mergulhos	Duração (minutos) (média ± desvio padrão) (máxima)	Profundidade (metros) (média ± desvio padrão) (máxima)
Globicephala macrorhynchus (mínimo = 5 metros)	3	773	2,8 ± 3,2 17,9	49,2 ± 109,4 959,5
Grampus griseus (mínimo = 5 metros)	1	95	1,9 ± 1,9 8,6	32,7 ± 48,1 185,5
Tursiops truncatus (mínimo = 1,5 metros)	10	4.102 (4.540)	0,9 ± 0,9 5,8	10,3 ± 17,5 72,5
TOTAL	**48**	**25.150**	**--**	**--**

Profundidade e duração dos mergulhos

Misticetos - Família Balaenopteridae

Foi considerado como um mergulho toda a imersão que ultrapassou os 10 metros de profundidade nestas análises. Para todas as espécies, a grande maioria dos mergulhos ocorreu entre 10 e 50 metros de profundidade e a duração foi de 1 a 5 minutos (**Figura V-105-A** e **B**). Mergulhos na faixa de 100 a 500 metros representaram menos de 15% das imersões de todas as espécies, e foram raros para *B. borealis* e *B. brydei*. Considerando a proporção de tempo que os indivíduos passam nas diferentes categorias de profundidade, os dados indicam que todas as espécies passam 50% do tempo, ou mais, a menos de 10 metros de profundidade, com exceção de *B. bonaerensis*, que passa mais de 50% do tempo entre 10 e 50 metros de profundidade (**Figura V-105-C**).

Odontocetos - Famílias Physeteridae e Delphinidae

Para *P. macrocephalus* (Physeteridae) foi considerado como um mergulho toda a imersão de mais de 10 metros, enquanto para as outras espécies (família Delphinidae) foi considerado como um mergulho toda imersão de mais de 5 metros, com exceção de *T. truncatus*, para a qual foi considerada uma imersão de mais de 1,5 metros.

O cachalote, *P. macrocephalus,* apresentou um comportamento distinto das demais espécies, com as frequências mais distribuídas em todas as categorias, sendo a espécie que apresentou maior duração e profundidade de mergulhos (**Figura V-106**). Para *T. truncatus* e *G. griseus,* as frequências foram decrescentes, enquanto para *O. orca* as maiores frequências, tanto de profundidade como de duração de mergulhos, foram na segunda categoria; para o TAD a frequência também foi decrescente. Para *G. macrorhynchus,* as frequências de profundidade e TAD foram decrescentes, mas, para duração, a maior frequência foi na segunda categoria.

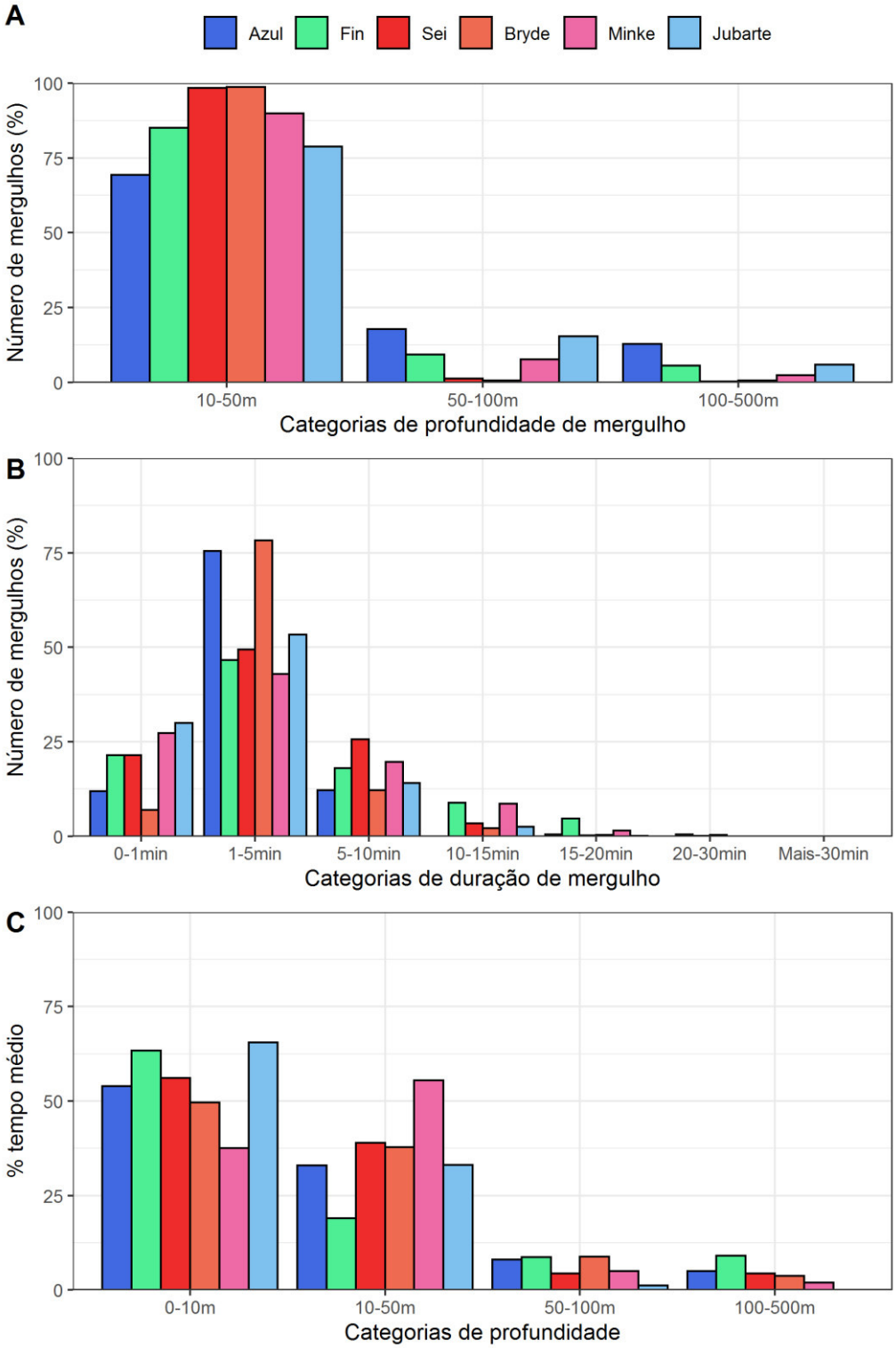


Figura V-105: *Frequência de mergulhos de misticetos (família Balaenopteridae) em diferentes categorias de profundidade (A) e de duração (B); e proporção média de permanência em diferentes categorias de profundidade (TAD) (C).*

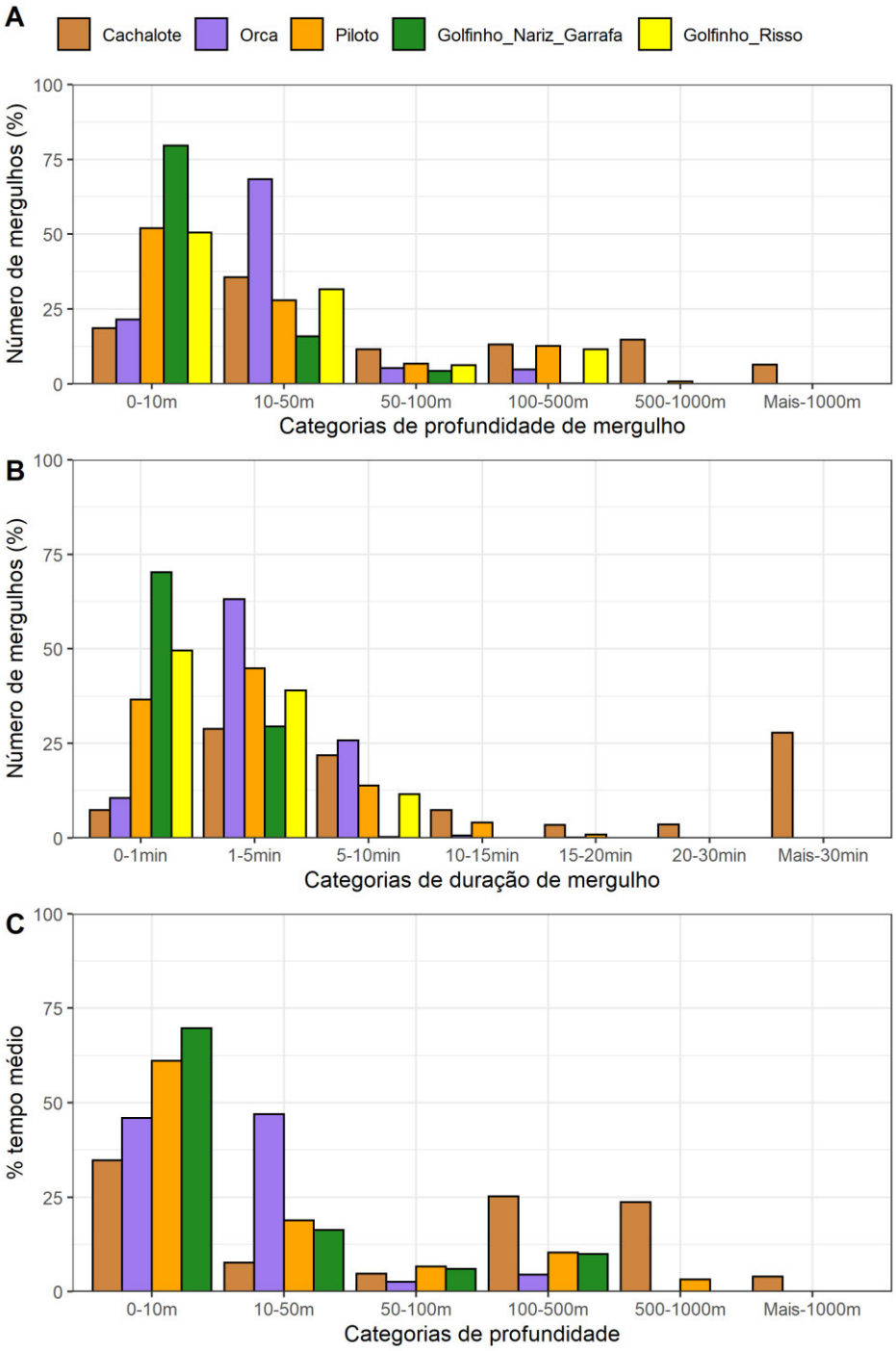


Figura V-106: *Frequência de mergulhos de odontocetos (famílias Physeteridae e Delphinidae) em diferentes categorias de profundidade (A) e de duração (B); e proporção média de permanência em diferentes categorias de profundidade (TAD) (C).*

Relação entre profundidade de mergulhos e profundidade local

Misticetos - Família Balaenopteridae

Balaenoptera brydei e *B. bonaerensis* apresentaram relação positiva entre profundidade de mergulho e a profundidade local (**Tabela V-28**) independentemente do indivíduo monitorado. *Balaenoptera physalus* não apresentou relação entre as variáveis (regressão não significativa), enquanto *B. musculus* apresentou relação negativa entre as variáveis (**Figura V-107**).

Tabela V-28: *Relação ajustada pela regressão linear para as espécies de misticetos com apenas um indivíduo monitorado e para as espécies cuja relação mergulho versus profundidade foi independente do indivíduo. Valores significativos em negrito (p < 0,05).*

Espécie	Nº de indivíduos	Inclinação	Valor de p
Balaenoptera musculus	1	-2.443e-06	**0,0097**
Balaenoptera physalus	1	6.959e-07	0,6880
Balaenoptera brydei	3	3.181e-05	**0,0055**
Balaenoptera bonaerensis	2	4.010e-06	**0,0281**

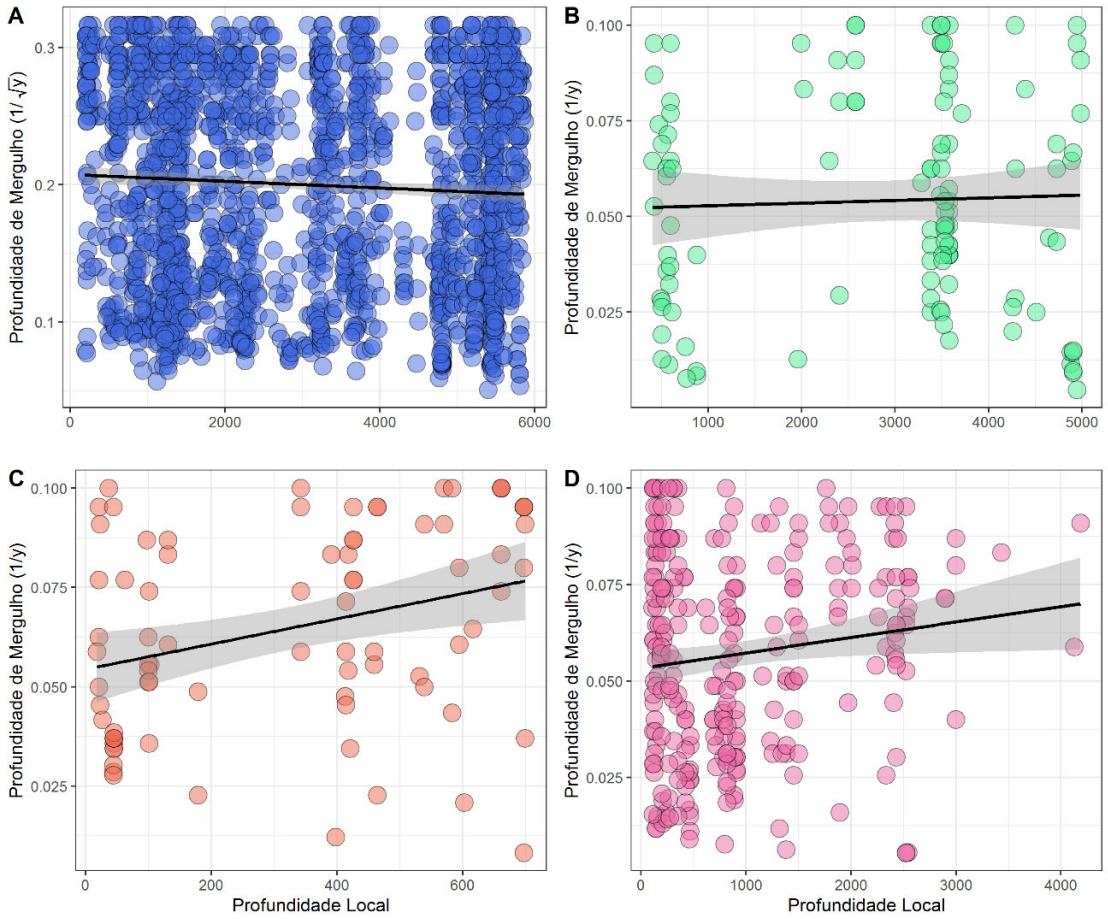


Figura V-107: *Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para espécies de misticetos com apenas um indivíduo marcado (A – **Balaenoptera musculus** e B – **Balaenoptera physalus**) e para espécies em que não houve diferença entre os indivíduos (C – **Balaenoptera brydei** e D – **Balaenoptera bonaerensis**).*

Para *B. borealis* e *M. novaeangliae,* os indivíduos apresentaram relações diferentes. No caso de *B. borealis*, os PTTs 58005 e 179339 tiveram uma relação positiva, enquanto o PTT 162629 apresentou uma relação negativa (**Tabela V-29; Figura V-108**). Os PTTs 34738 e 158554 de *M. novaeangliae* apresentarem retas de regressão com inclinação visível graficamente, mas não apresentaram significância do parâmetro estimado para a inclinação, o que pode estar relacionado ao menor número de registros. Já os PTTs 34588 e 34686 apresentaram uma relação positiva, enquanto o 158553 apresentou uma relação negativa entre profundidade de mergulho e profundidade local (**Tabela V-29; Figura V-109**).

Tabela V-29: *Relação ajustada pela análise de covariância por indivíduo para* ***Balaenoptera borealis*** *e* ***Megaptera novaeangliae****. Relações significativas entre profundidade de mergulho e local em negrito (p < 0,05).*

PTT	Inclinação	Erro padrão	Valor de *t*	Pr(>|t|)
Balaenoptera borealis				
34638	-7.435e-08	2.284e-07	-0.326	0,7448
34755	8.485e-08	2.073e-07	0.409	0,6823
58005	-3.594e-07	1.580e-07	-2.274	**0,0230**
58007	1.033e-07	1.251e-07	0.826	0,4091
158546	-1.800e-06	9.793e-07	-1.838	0,0661
158555	2.741e-07	2.069e-07	1.325	0,1854
162629	9.488e-07	4.610e-07	2.058	**0,0397**
162630	8.147e-08	9.059e-08	0.899	0,3685
179332	4.632e-06	4.559e-06	1.016	0,3097
179337	-2.815e-07	2.753e-07	-1.022	0,3067
179339	-5.459e-07	8.374e-08	-6.519	**0,0000**
Megaptera novaeangliae				
34588	-3.335e-06	1.536e-06	-2.171	**0,0300**
34686	-8.375e-05	1.443e-05	-5.803	**0,0000**
34722	-2.231e-06	1.804e-06	-1.236	0,2164
34738	-0.006915	0.004099	-1.687	0,0917
158553	1.043e-05	1.967e-06	5.305	**0,0000**
158554	-0.002252	0.001467	-1.535	0,1274

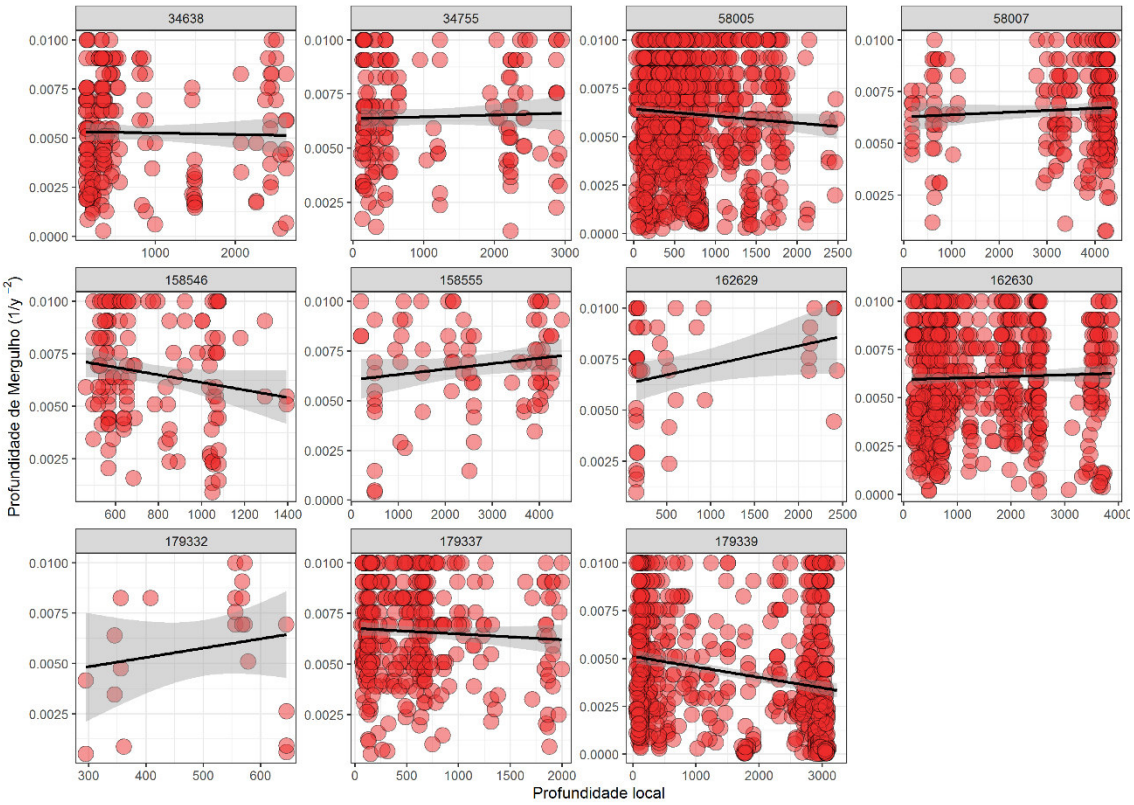


Figura V-108: *Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para indivíduos de* ***Balaenoptera borealis****. O número acima de cada gráfico indica o PTT do indivíduo.*

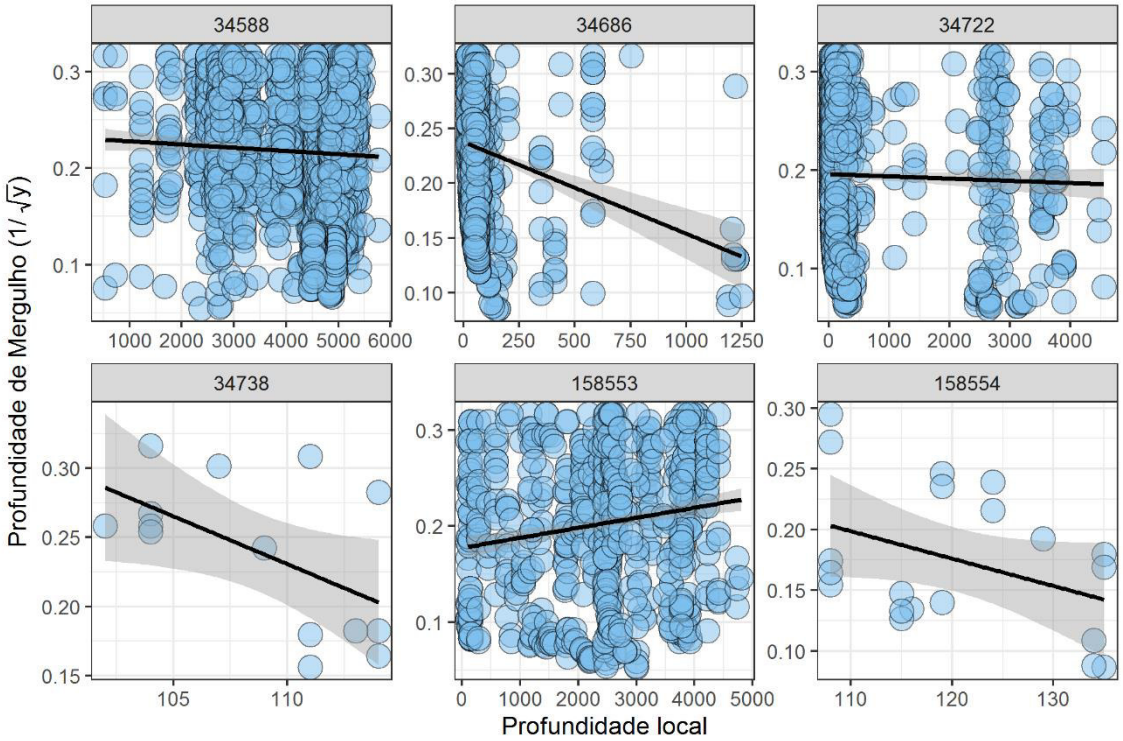


Figura V-109: *Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para indivíduos de* ***Megaptera novaeangliae****. O número acima de cada gráfico indica o PTT do indivíduo.*

Para *B. musculus, B. physalus* e *M. novaeangliae* houve uma tendência a ocupar áreas mais profundas ao longo das rotas migratórias, com o aumento da latitude (**Figura V-110**). *Balaenoptera borealis,* entretanto, não mostrou este padrão, o que coincide com a maior variabilidade nos movimentos registrados para esta espécie, cujos movimentos migratórios para o sul podem ocorrer mais próximo da costa. A relação entre profundidade local e profundidade de mergulho foi muito variável para esta espécie (**Figura V-108**).

Balaenoptera bonaerensis apresentou uma relação positiva entre profundidade de mergulho e a profundidade local (**Figura V-107-D**), mas que não esteve relacionada a um aumento na latitude, sendo que as áreas mais profundas de ocorrência da espécie foram nas latitudes menores.

No caso de *B. brydei,* os dados também indicaram esta mesma relação positiva, mas que foi associada à movimentação da espécie ao longo da

plataforma, realizando mergulhos mais profundos a medida em que se afasta da costa.

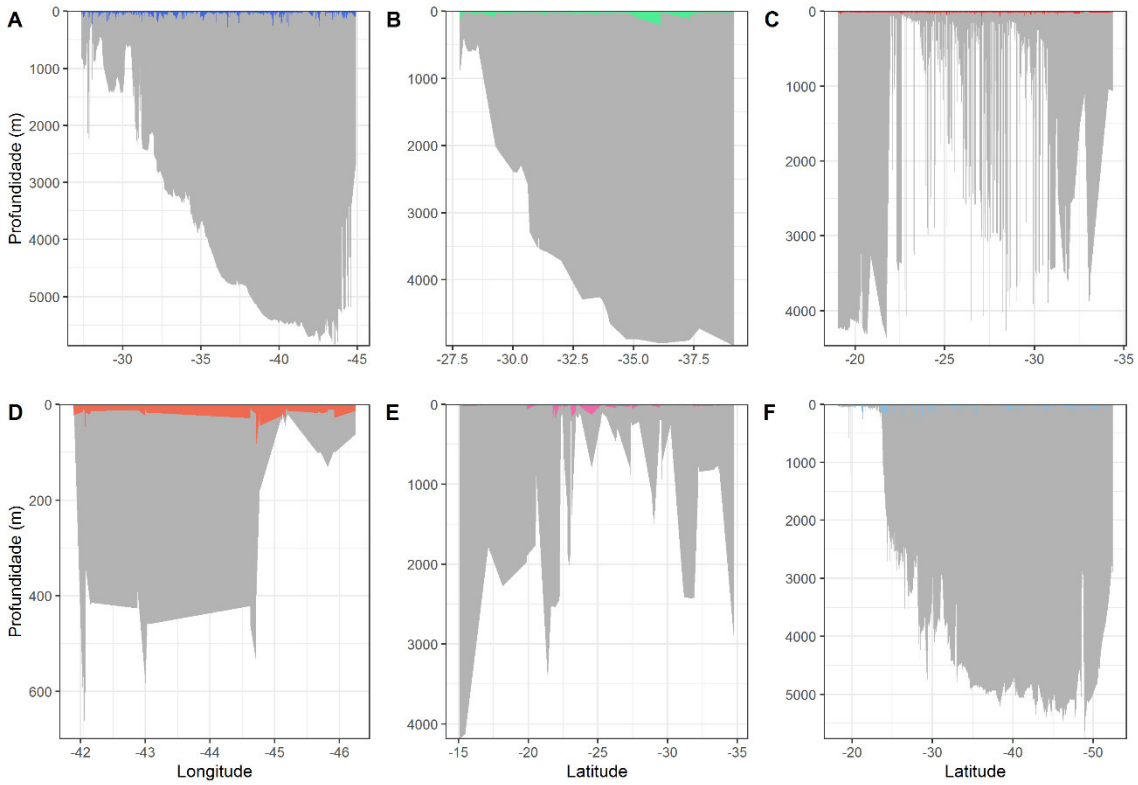


Figura V-110: *Relação entre profundidade de mergulho/profundidade local e a latitudes; A)* ***Balaenoptera musculus****, B)* ***Balaenoptera physalus****, C)* ***Balaenoptera borealis****, E)* ***Balaenoptera bonaerensis****, F)* ***Megaptera novaeangliae****; e da longitude; D)* ***Balaenoptera brydei****.*

Odontocetos - Famílias Physeteridae e Delphinidae

Physeter macrocephalus não apresentou uma relação significativa entre a profundidade do local e a profundidade de mergulho, que foi independente do indivíduo, enquanto *G. griseus*, que teve apenas um indivíduo marcado, apresentou uma relação positiva (**Tabela V-30; Figura V-111**).

Tabela V-30: *Relação ajustada pela regressão linear para* ***Physeter macrocephalus*** *e* ***Grampus griseus****. Valores significativos em negrito (p < 0,05).*

Espécie	Nº de indivíduos	Inclinação	Valor de p
Physeter macrocephalus	3	0.0002569	0.0649
Grampus griseus	1	2.011e-04	**1.88e-06**

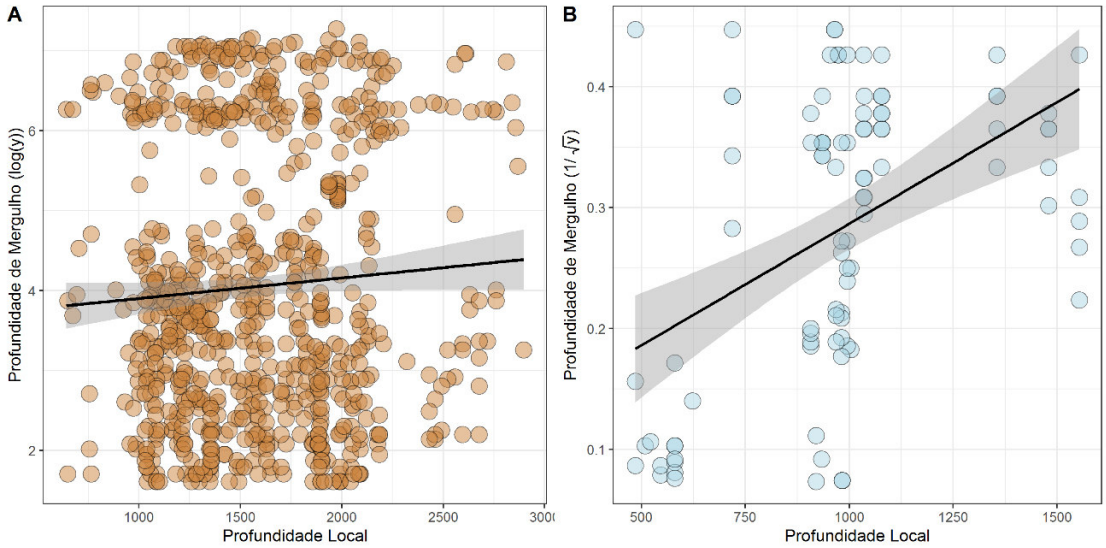


Figura V-111: *Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho em espécies de odontocetos para as quais não houve diferença entre os indivíduos (A –* ***Physeter macrocephalus****) ou tiveram apenas um indivíduo monitorado (B* ***– Grampus griseus****).*

No caso de *O. orca* e *G. macrorhynchus,* os indivíduos apresentaram relações diferentes. As orcas não apresentaram relação entre profundidade de mergulho e profundidade local, enquanto que para *G. macrorhynchus* apenas o PTT58016 apresentou uma relação positiva (**Tabela V-31; Figura V-112** e **Figura V-113**). Os PTTs 179340 e 179341 não tiveram uma relação significativa, sendo que ambos foram marcados juntos e se mantiveram no talude durante todo o período de monitoramento.

Tabela V-31: *Relação ajustada pela análise de covariância por indivíduo para Orcinus orca e **Globicephala macrorhynchus** marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. Relações significativas entre profundidade de mergulho e local em negrito (p < 0,05).*

PTT	Inclinação	Erro padrão	Valor de *t*	Pr(>|t|)
Orcinus orca				
58013	1.491e-05	1.133e-05	1.316	0.1881
58014	8.111e-06	1.964e-05	0.413	0.680
162628	2.145e-05	1.691e-05	1.269	0.2046
162633	-1.026e-04	6.989e-05	-1.468	0.1421
Globicephala macrorhynchus				
58016	3.250e-05	6.052e-06	5.370	**1.05e-07**
179340	4.001e-05	9.966e-05	0.401	0.68821
179341	2.490e-05	9.704e-05	0.257	0.797582

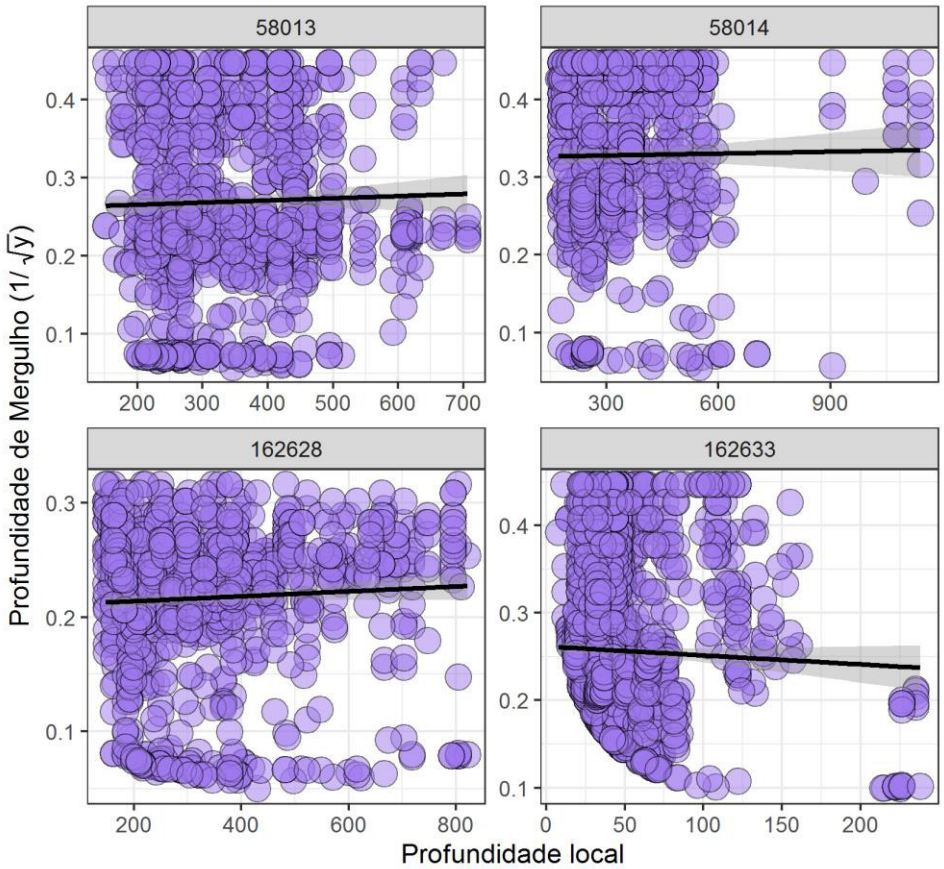


Figura V-112: *Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para indivíduos de **Orcinus orca** marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. O número acima de cada gráfico indica o PTT do indivíduo.*

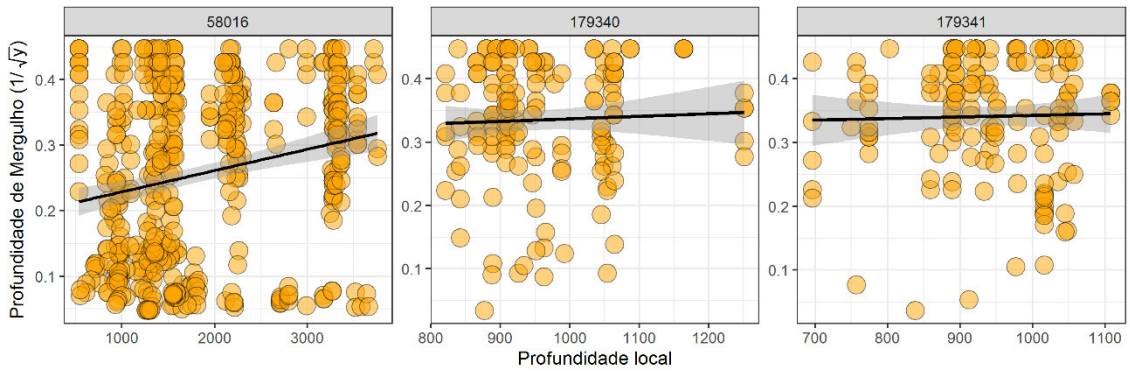


Figura V-113: *Relação entre profundidade local e profundidade de mergulho para indivíduos de* ***Globicephala macrorhynchus*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. O número acima de cada gráfico indica o PTT do indivíduo.*

Para *P. macrocephalus* os indivíduos apresentaram uma maior constância na profundidade das áreas de mergulho, considerando que estes se mantiveram na quebra do talude ao longo de todo o período de monitoramento, realizando com regularidade mergulhos mais profundos, sem apresentar uma relação significativa entre profundidade de mergulho e profundidade local. A espécie utilizou cerca de 50% da coluna d'água na maior parte dos registros, chegando em alguns pontos a realizar mergulhos até o fundo. No caso de *O. orca*, apenas um indivíduo avançou para latitudes maiores, ocupando nestas regiões áreas com menor profundidade, onde também utilizou a maior parte da coluna d'água, chegando ao fundo em alguns pontos. Os outros indivíduos monitorados permaneceram numa área restrita junto a quebra do talude continental.

Uma tendência semelhante foi observada em *G. macrorhynchus*, que ocupou áreas com maior profundidade em latitudes menores. Dois dos indivíduos monitorados se mantiveram na quebra do talude, restritos à latitude de 28º S, e apenas um se movimentou para o norte, sendo este o único a apresentar uma relação positiva entre profundidade local e profundidade de mergulho.

O único indivíduo de *G. griseus* monitorado se restringiu a uma estreita faixa de latitude, entre 27,6 e 28,5ºS, na qual se manteve na quebra da

plataforma, mas apresentando uma relação positiva entre a profundidade do local e a profundidade dos mergulhos (**Figura V-114**).

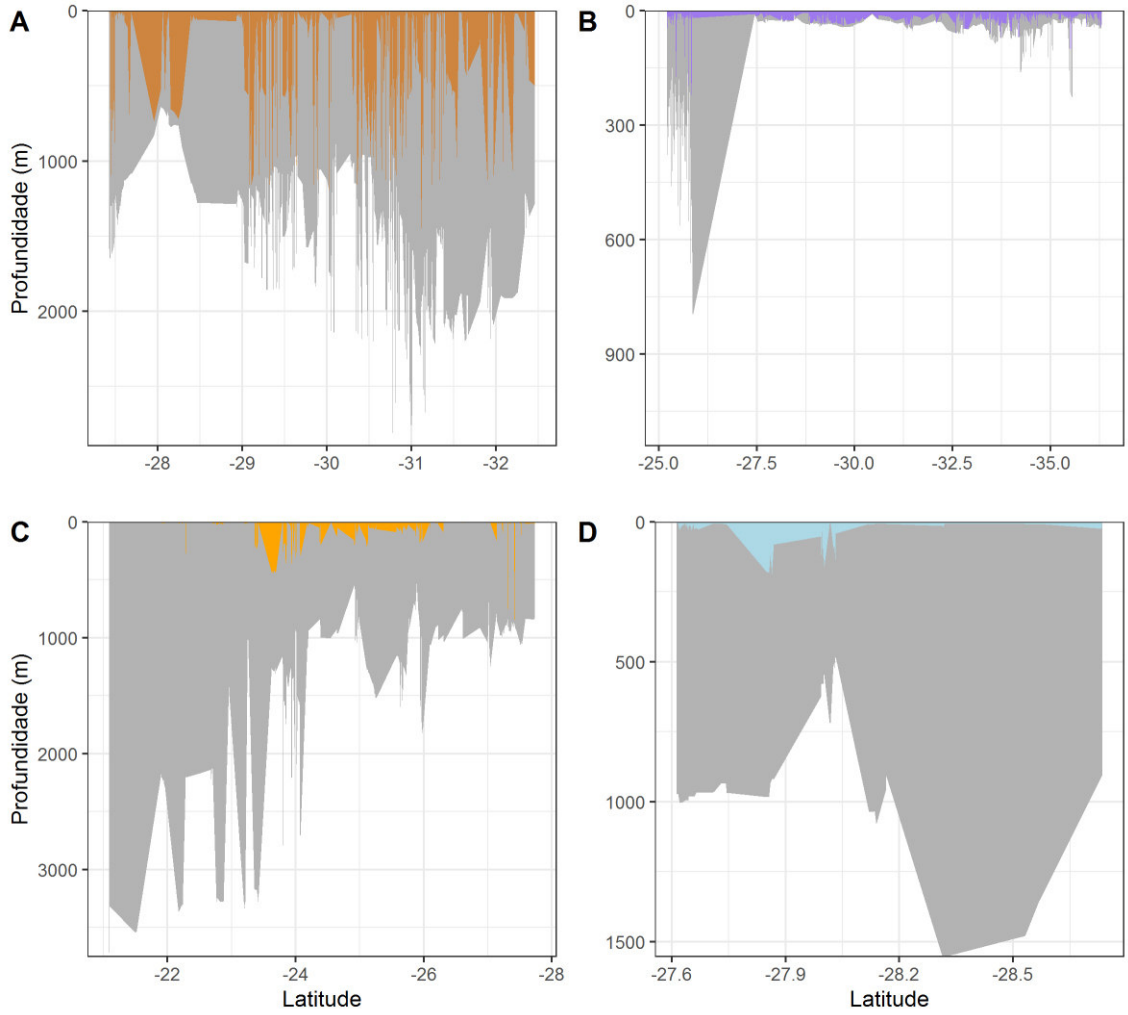


Figura V-114*:** Relação entre profundidade de mergulho/profundidade local e a latitudes; A) ***Physeter macrocephalus*,** B) ***Orcinus orca, C) ***Globicephala macrorhynchus***, e D) *Grampus griseus* marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.

Comportamento de mergulho por espécie

Misticetos – Família Balaenopteridae

Baleia-azul, Balaenoptera musculus

Um indivíduo da espécie foi monitorado, com o registro de 1.895 mergulhos. A profundidade máxima foi de 383,7 metros (mergulho em "U") e duração de 19,1 minutos para mergulhos com mais de 10 metros de profundidade (**Figura V-115**).

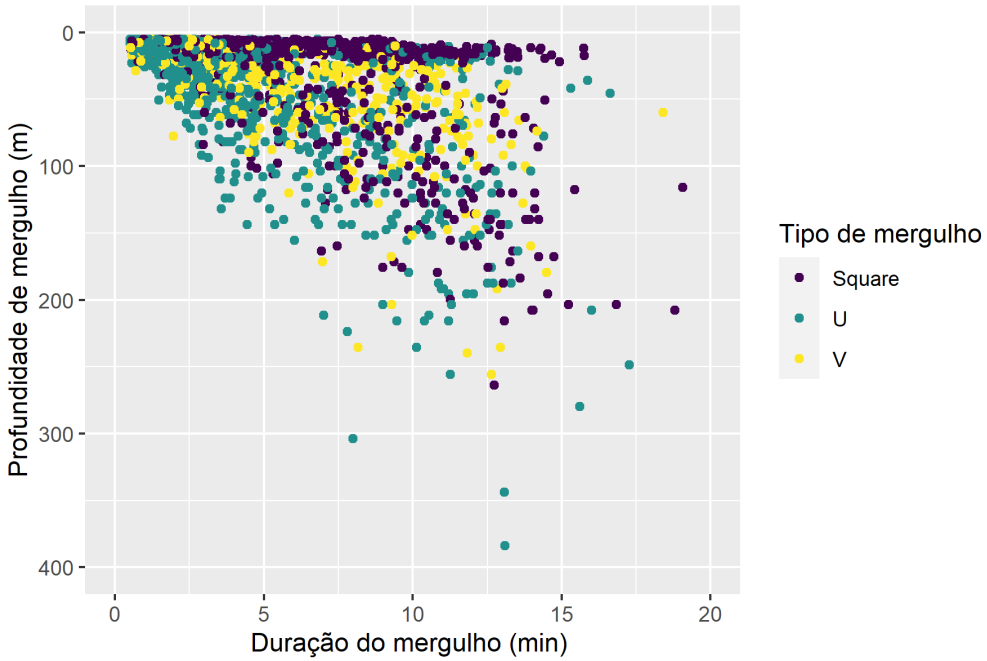


Figura V-115: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de* ***Balaenoptera musculus*** *marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

Considerando todos os tipos de imersão, os mergulhos diurnos foram mais profundos do que os noturnos (W = 543.164; p < 0,05) (**Figura V-116**).

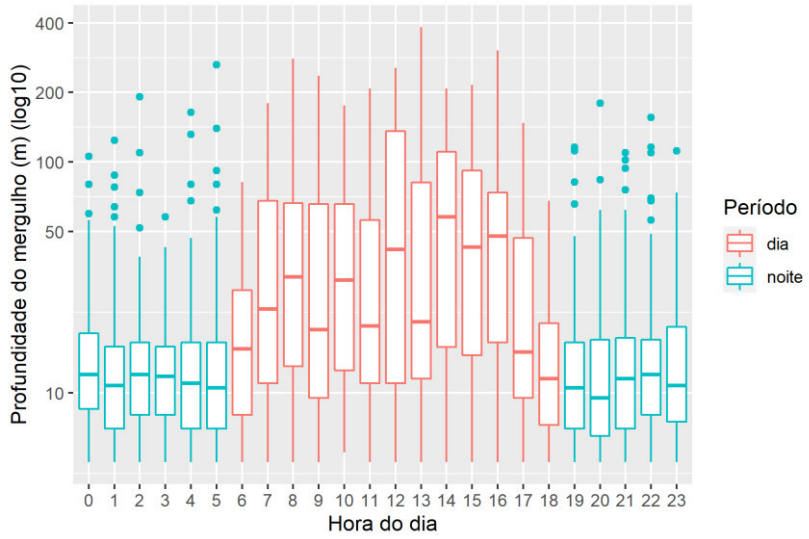


Figura V-116: *Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para um indivíduo de* ***Balaenoptera musculus*** *marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS. Caixa representa o primeiro e terceiro quartis, e linha mais escura horizontal indica a mediana.*

A baleia-azul pode se alimentar desde a superfície até profundidades que atingem os 300 metros (CALAMBOKIDIS et al., 2008), mas em geral mergulhos mais profundos e mais longos estão associados à alimentação e mergulhos mais rasos ao deslocamento ou descanso. Na costa do México e Estados Unidos, os mergulhos de alimentação atingiram em média 140 (± 46,01) m e 7,8 (± 1,89) min, e sem alimentação chegaram em média a 67,6 (± 51,46) m de profundidade e 4,9 (± 2,53) min de duração (CROLL et al., 2001). Não é possível identificar o comportamento da espécie com base nos dados de telemetria satelital, mas os dados obtidos pelo PMC/BS indicam uma profundidade média de mergulho de 44,8 m com duração média de 6 min. Contudo, cerca de 25% dos mergulhos mais profundos do que 10 m (n = 894) atingiram profundidade superior a 100 m e a profundidade máxima registrada foi a maior documentada para a espécie até o momento, chegando a 387,5 m.

Na Califórnia, os mergulhos tornaram-se progressivamente mais rasos à noite em resposta à migração vertical das presas (CALAMBOKIDIS et al., 2008), um padrão também visto em outras regiões (CROLL et al., 1998; OLESON et al., 2007). Contudo, na costa do Chile, no Pacífico Sul, as baleias-

azuis apresentaram um comportamento inverso, com os mergulhos diurnos mais profundos do que os noturnos (HUCKE-GAETE et al., 2018), da mesma forma que o observado na Bacia de Santos.

Baleia-fin, Balaenoptera physalus

Dentre os indivíduos da espécie que foram marcados, apenas um foi monitorado, permitindo o registro de 115 mergulhos. A profundidade máxima atingida pela espécie foi de 209,5 metros (mergulho em "V") e a duração de 18,6 minutos para mergulhos com mais de 10 metros de profundidade (**Figura V-117**).

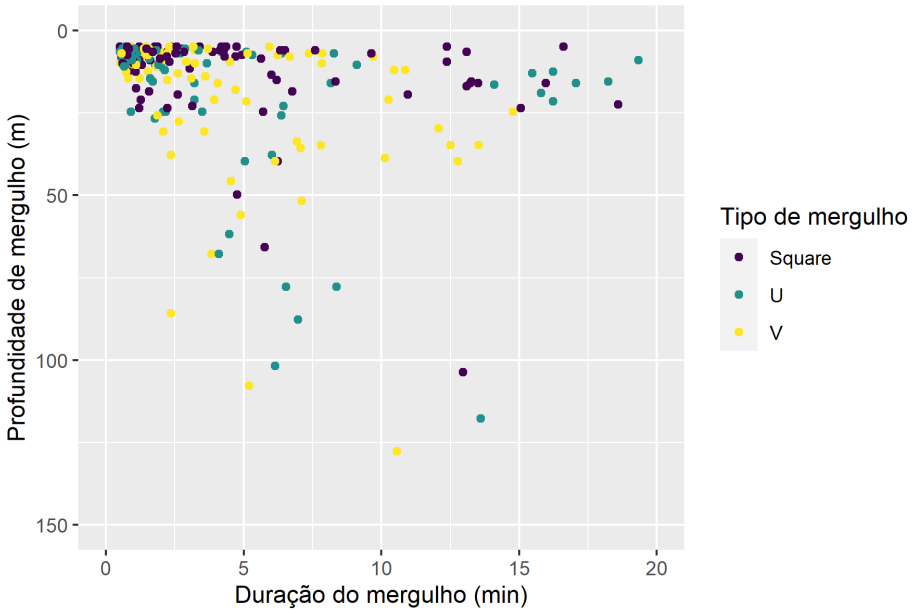


Figura V-117: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de* ***Balaenoptera physalus*** *marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

Considerando todos os tipos de imersão, não houve diferença na profundidade entre mergulhos diurnos e noturnos (W = 6.796; p > 0,05).

Na costa do México e Estados Unidos, os mergulhos de alimentação atingiram em média 97,9 (± 32,59) m e 6,3 (± 1,53) min, e sem alimentação chegaram em média a 59,3 (± 29,67) m de profundidade e 4,2 (± 1,67) min de duração (CROLL et al., 2001). Não é possível identificar o comportamento da

espécie a partir de dados de telemetria satelital, mas a profundidade média registrada pelo PMC/BS foi de 30,2 m com duração média de 5,9 min. Dentre os mergulhos com mais de 10 m, apenas 4,6% atingiram mais de 100 m de profundidade. A profundidade máxima de 209,5 m é a maior já documentada para a espécie.

Baleia-sei, Balaenoptera borealis

Doze indivíduos de *B. borealis* forneceram dados de mergulho, totalizando 4.283 registros. A profundidade máxima de mergulho foi de 193,5 metros (mergulho em U) e a duração máxima de 20,9 minutos (mergulho em U), para mergulhos com mais de 10 metros de profundidade (**Figura V-118**). A grande maioria dos mergulhos (99,8%) não passou de 100 metros de profundidade. Os mergulhos do tipo *Square* foram geralmente mais rasos, embora mais longos, enquanto os mergulhos em U foram os mais profundos.

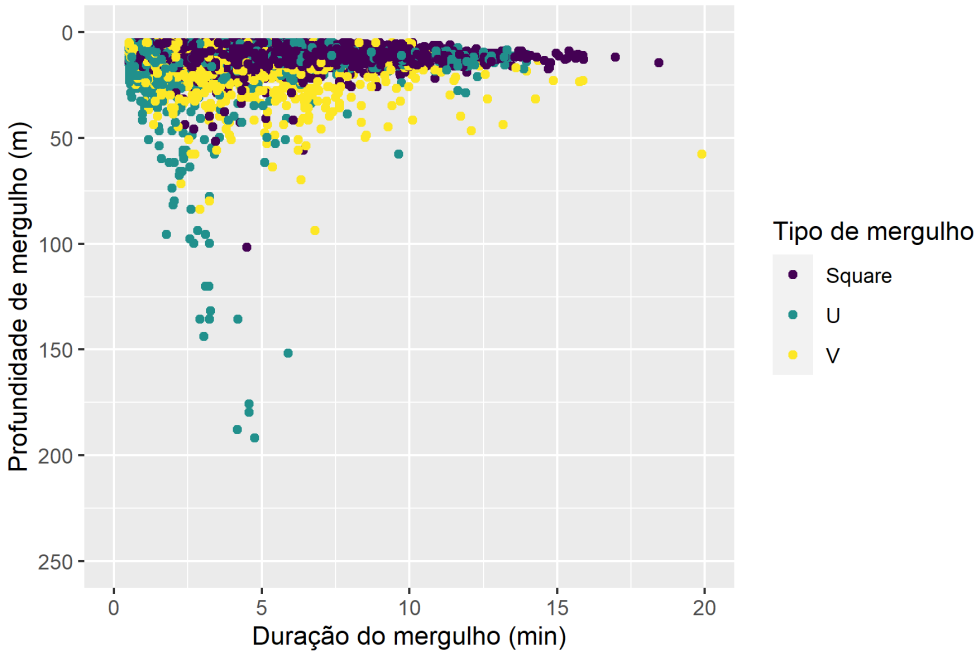


Figura V-118: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para doze indivíduos de* ***Balaenoptera borealis*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

Os mergulhos registrados para as baleias-sei ocorreram entre a região oceânica e a plataforma continental, com maior permanência dos indivíduos na região do talude continental. Considerando todos os tipos de imersão, os mergulhos diurnos foram mais profundos do que os noturnos (W = 6272131; p < 0,05) (**Figura V-119**).

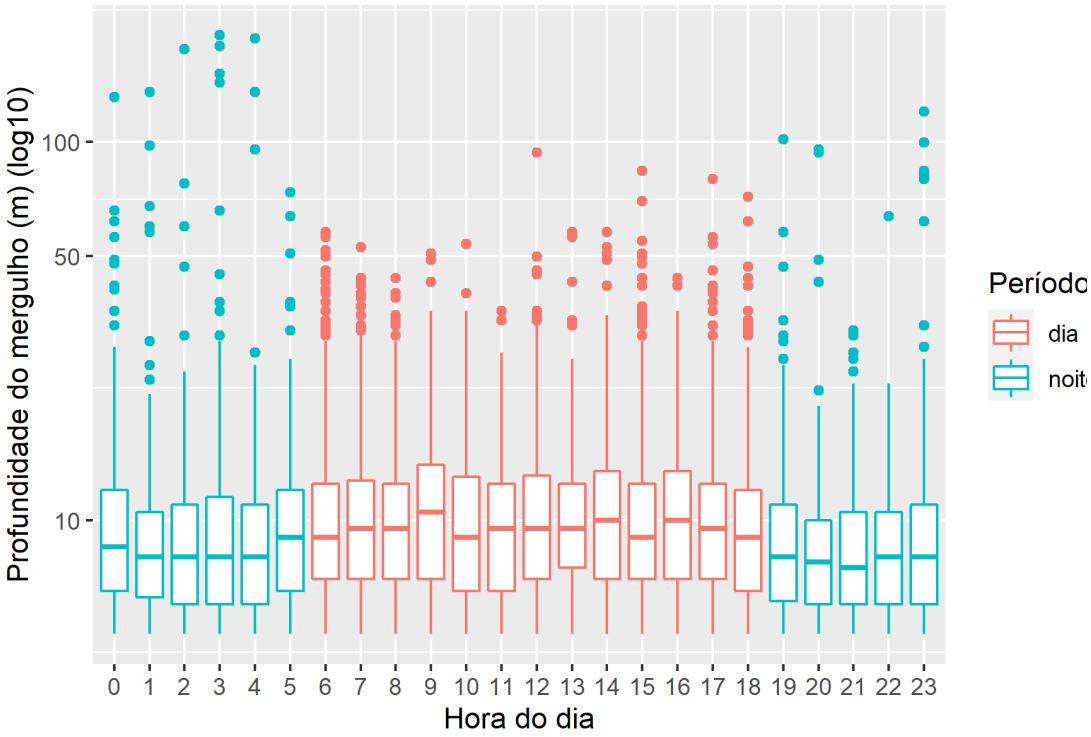


Figura V-119: *Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para doze indivíduos de* ***Balaenoptera borealis*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.*

Não há registros na literatura sobre o comportamento de mergulho da baleia-sei, o que não permite fazer comparações. A espécie se alimenta de um grande número de presas (KAWAMURA, 1980), e é mais conhecida por se alimentar de copépodes, em regiões de grande produtividade em altas latitudes (OLSEN et al., 2009). Contudo, é possível que ela inclusive se alimente nas águas oceânicas do sudeste/sul do Brasil durante o inverno, mais produtivas neste período (CAMPOS et al., 1995; ODEBRECHT; CASTELLO, 2001). Embora a grande maioria dos mergulhos da espécie tenham sido rasos, e

provavelmente relacionados ao deslocamento próximo da superfície (JEFFERSON et al., 2015), mergulhos mais profundos, observados na região do talude da Bacia de Santos, sugerem que a espécie também possa se alimentar ocasionalmente na Bacia de Santos. Este padrão é corroborado por dados cinemáticos e de comportamento de mergulho dos DTAGs. Assim, a espécie estaria se aproveitando oportunisticamente de recursos mesopelágicos da região produtiva do talude, mas há necessidade de uma investigação mais aprofundada na medida em que as coletas de novos dados ocorram com o auxílio de tags satelitais e digitais (DTAGs e Cats).

Baleia-de-Bryde, Balaenoptera brydei

As análises dos mergulhos de três indivíduos de *Balaenoptera brydei* totalizaram 289 mergulhos. O mergulho mais profundo chegou a 120,2 metros (mergulho tipo U) e o mais longo durou 24,8 minutos (mergulho tipo V) (**Figura V-120**). A grande maioria dos mergulhos (99,3%) ocorreu a menos de 50 metros de profundidade, com duração menor do que 10 minutos.

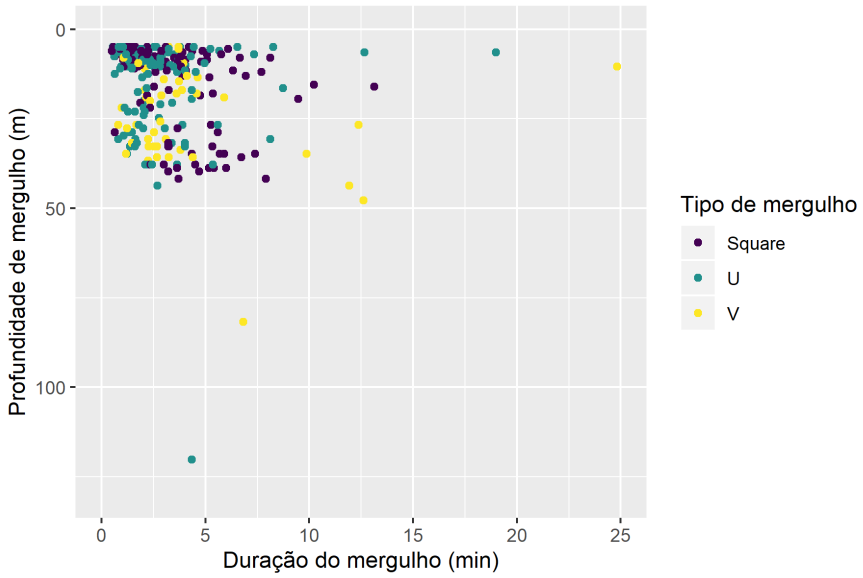


Figura V-120: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de* ***Balaenoptera brydei*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

A grande maioria dos mergulhos registrados foi para o PTT 166662, que permaneceu sobre a plataforma continental ao longo de todo o período. Considerando todos os tipos de submersão, os mergulhos diurnos foram mais profundos do que os noturnos (W = 6.277; p < 0,05) (**Figura V-121**).

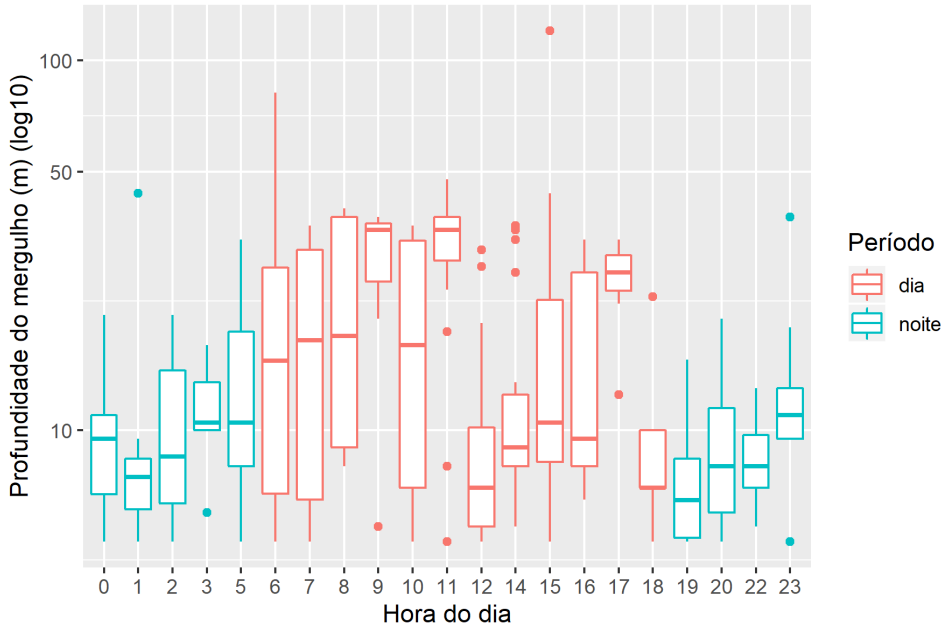


Figura V-121: *Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para três indivíduos de* ***Balaenoptera brydei*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.*

A profundidade máxima de mergulho da baleia-de-Bryde chegou a 271 m no Golfo do México, mas a baleia permaneceu a menos de 15 m durante 70% do tempo. O comportamento de mergulho da espécie já foi documentado em diferentes regiões utilizando *tags* fixados por copos de sucção. No entanto, esse foi o primeiro registro obtido por meio de telemetria satelital. Soldevilla et al. (2017) registraram um padrão estereotipado levando em consideração os dados de um indivíduo, com mergulhos mais profundos (>70 m) durante o dia e mergulhos rasos (<30 m) à noite, similar ao registrado por Alves et al. (2010) nas Ilhas Madeira, no Atlântico Norte. Os resultados do PMC-BS indicam um

mesmo padrão para a espécie no Atlântico Sul Ocidental e podem estar relacionados à migração vertical de suas presas.

Baleia-minke-Antártica, Balaenoptera bonaerensis

Foram obtidos dados de mergulho de dois indivíduos, sendo um macho e outro de sexo não determinado. Os indivíduos seguiram sentidos opostos após a marcação, um indo para a região nordeste do Brasil e outro para o sul, seguindo ao longo do talude. Dentre os 585 mergulhos registrados, o mais profundo chegou a 181,5 metros (tipo U), e o mais longo chegou a 19,3 minutos (tipo V) (**Figura V-122**). Os mergulhos diurnos foram mais profundos do que os noturnos (W = 32224; p > 0,05) (**Figura V-123)**.

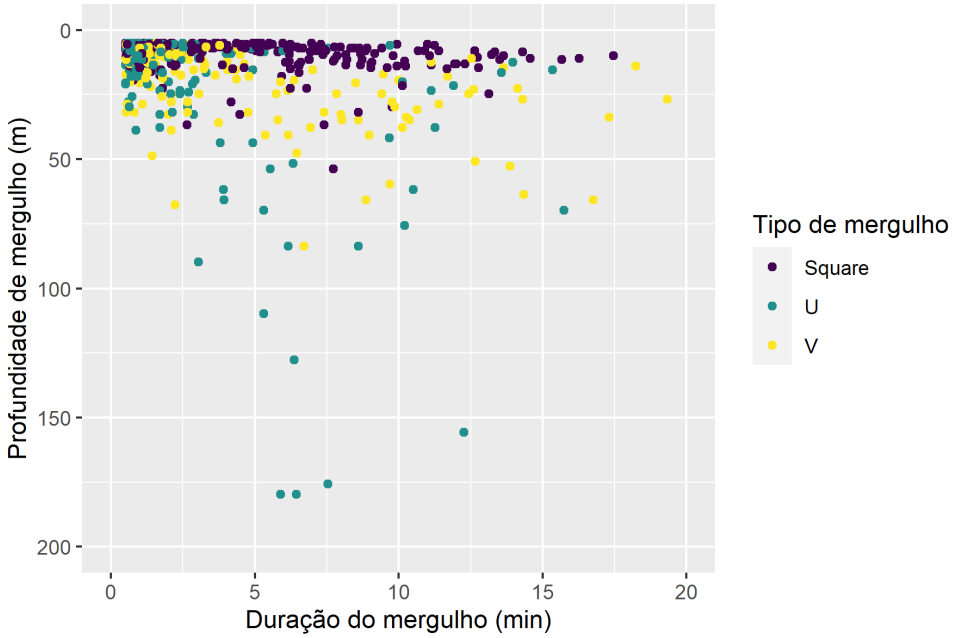


Figura V-122: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para dois indivíduos de* ***Balaenoptera bonaerensis*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

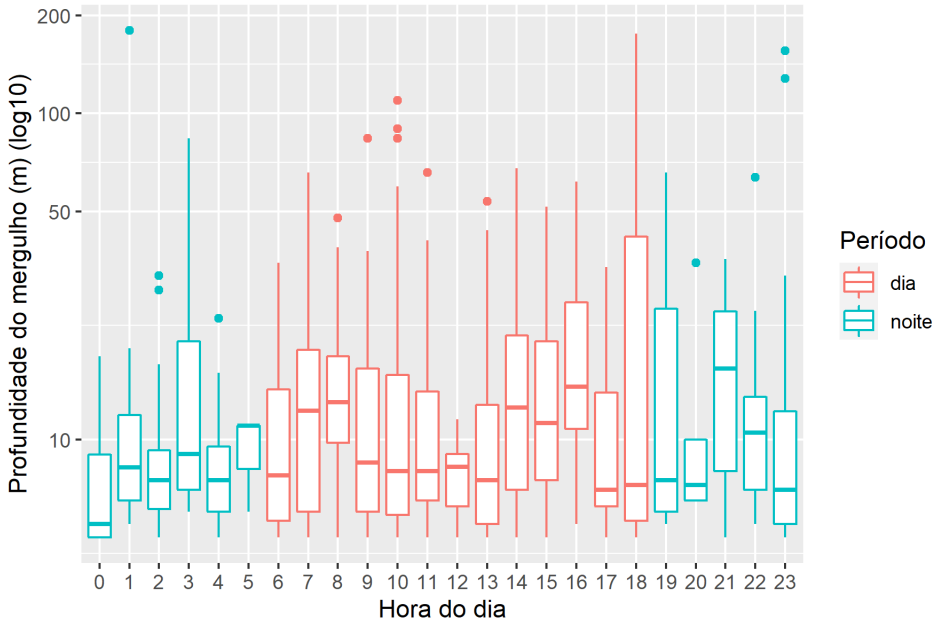


Figura V-123: *Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para dois indivíduos de* ***Balaenoptera bonaerensis*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.*

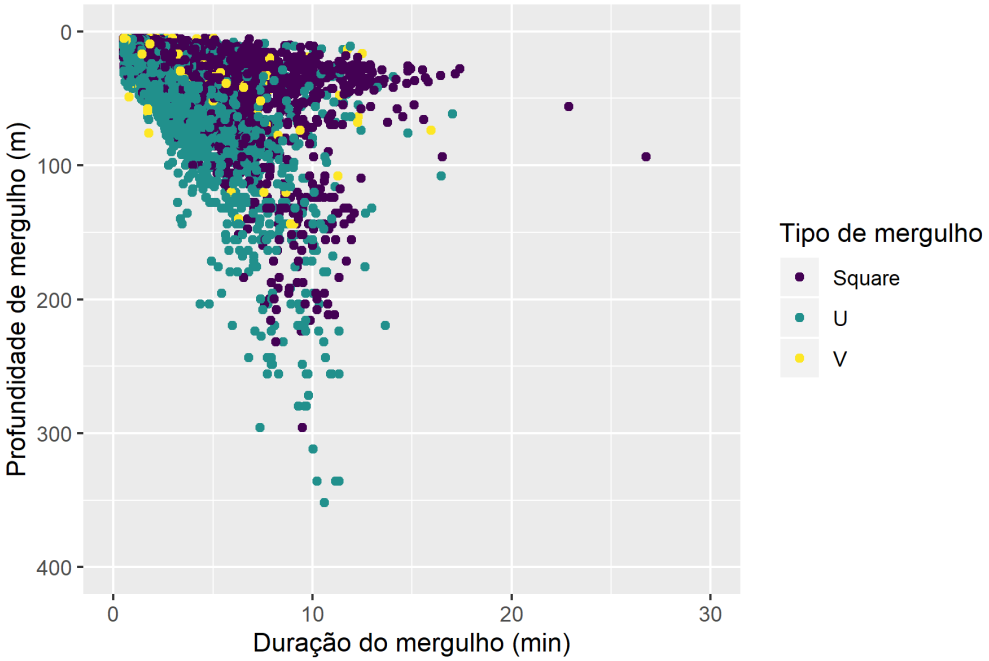
São escassas as informações sobre o comportamento de mergulho da baleia-minke-Antártica (GALES et al., 2005). Friedlaender et al. (2014) analisaram dados para a região da Antártica e registraram uma profundidade média de 18,5 metros e duração média de 1,4 minutos para baleias em comportamento alimentar, com o registro de profundidade máxima em 105 metros e duração máxima de 7,2 minutos. De maneira geral, os animais tendem a permanecer mais próximo da superfície nas áreas reprodutivas, o que pode ter sido influenciado pela presença de um filhote no grupo do macho que foi marcado.

Baleia-jubarte, Megaptera novaeangliae

Os mergulhos registrados para sete indivíduos da espécie somaram 9.088 mergulhos que foram analisados. Os indivíduos que migraram para o sul (PTTs 158553, 34588 e 34722) realizaram mergulhos mais profundos em

comparação aos indivíduos que permaneceram junto à costa (PTTs 158542 e 34686) (**Figura V-124**).

O mergulho mais profundo da baleia-jubarte chegou a 355,5 metros (tipo U), e o mais longo chegou a 26,8 minutos (tipo *Square*). Cerca de 15,9% dos mergulhos chegaram a mais de 100 m de profundidade e a duração dos mergulhos se concentrou até 15 minutos.



,

Figura V-124: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para sete indivíduos de* ***Megaptera novaeangliae*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

Os mergulhos diurnos foram mais profundos do que os noturnos, considerando os diferentes tipos de submersão em conjunto (W = 9.534.300; p < 0,05) (**Figura V-125**).

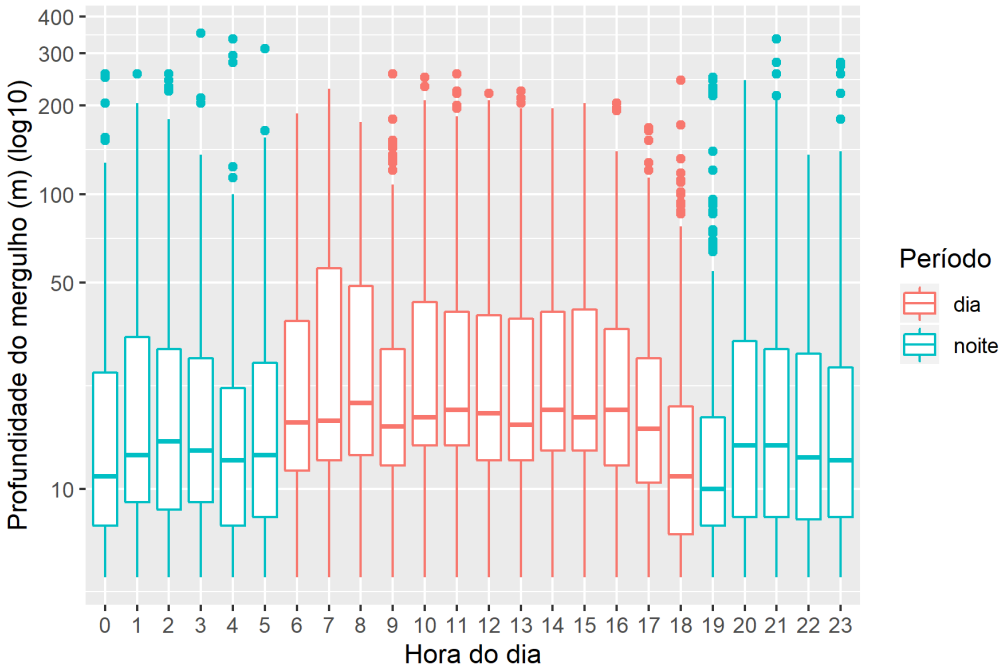


Figura V-125: *Profundidade de mergulho (m) (log10) registrada ao longo do dia para sete indivíduos de* ***Megaptera novaeangliae*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.*

Embora a baleia-jubarte seja uma das espécies de misticeto mais bem estudada, são escassas as informações sobre o comportamento de mergulho, principalmente fora das áreas de alimentação. De maneira geral, a espécie é conhecida por realizar mergulhos rasos, permanecendo a maior parte do tempo próximo da superfície (BAIRD et al., 2000). Baird et al. (2000) também documentaram com regularidade mergulhos profundos em área de reprodução (até 176 m), limitados em geral pela profundidade local.

O comportamento de mergulho durante a migração mostrou um padrão distinto em relação aos animais que permaneceram próximo da costa. Estas variações podem estar relacionadas às diferenças de profundidade entre os ambientes ocupados e ao comportamento dos animais em cada situação (deslocamento de migração versus alimentação). Os dois animais monitorados na costa de Santa Catarina seguiram a tendência indicada por Baird et al. (2000) de usar toda a coluna de água. As observações de campo sugerem que

esse animal estava se alimentado no fundo, pois a área tinha entre 10 e 15 metros de profundidade e, em vários momentos, foi observado sedimento em suspensão na superfície logo após a imersão da baleia.

Odontocetos - Família Physeteridae

Cachalote, Physeter macrocephalus

Foram registrados 795 mergulhos para três indivíduos de *Physeter macrocephalus*. Como o tempo de amostragem de dois indivíduos foi reduzido, a maior parte dos dados representa o comportamento de mergulho do indivíduo PTT 34732 (n = 780). O mergulho mais profundo atingiu 1.447,5 metros (tipo V) e o mais longo chegou a 65,8 minutos (tipo *Square*). De maneira geral, os dados indicam dois padrões comportamentais para o indivíduo, com um agrupamento de mergulhos rasos e de curta duração (com predominância do tipo U) (o que sugere descanso) e um segundo agrupamento de mergulhos profundos e longos (com predominância do tipo *Square*) (o que sugere forrageamento) (**Figura V-126**).

Cerca de 29% dos mergulhos alcançou profundidade máxima de 100 m e 29% dos mergulhos foram a mais de 500 metros de profundidade (n = 757). A duração de cerca de 59% dos mergulhos foi de até 10 minutos, mas 26% duraram de 50 a 70 minutos (n = 757). Em média, o PTT 34732 permaneceu aproximadamente 47% do dia a uma profundidade de até 100 metros e 38% do dia a mais de 500 metros de profundidade.

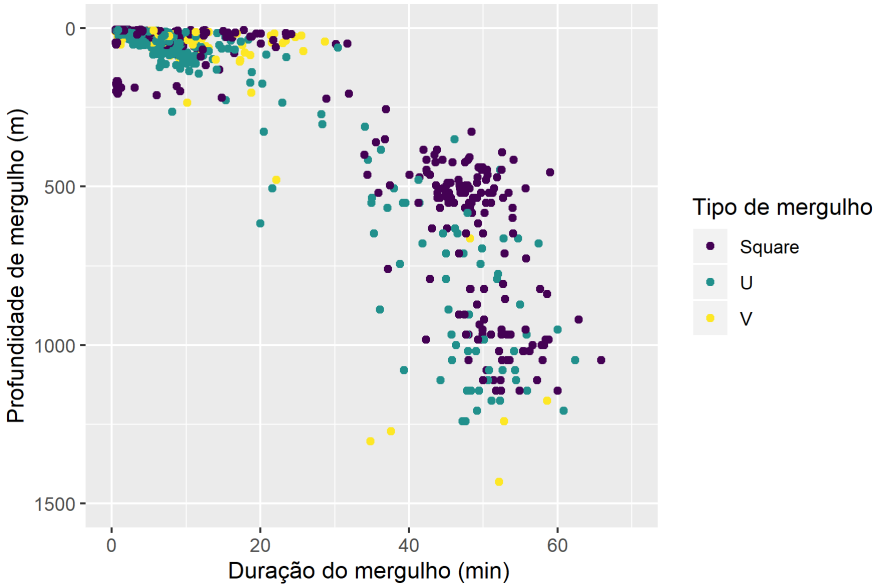


Figura V-126: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de* ***Physeter macrocephalus*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

Os mergulhos noturnos foram mais profundos do que os diurnos, considerando todos os tipos de mergulho em conjunto (W = 89.112; p < 0,05). Analisando os diferentes tipos de submersão separadamente, é possível observar uma grande variabilidade na profundidade de mergulhos ao longo do dia, principalmente para os mergulhos tipo *Square* (**Figura V-127**).

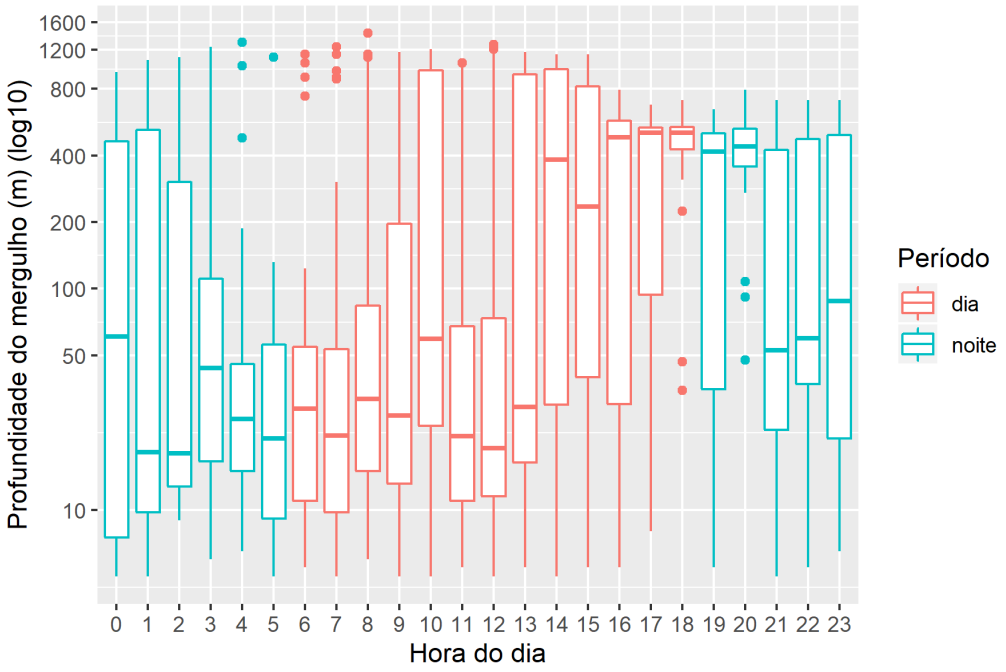


Figura V-127: *Profundidade de mergulho (em metros) registrada ao longo do dia para três indivíduos de* ***Physeter macrocephalus*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.*

Physeter macrocephalus são conhecidos por sua grande capacidade de mergulho, que regularmente pode chegar a 60 min e mais de 1.000 metros de profundidade (AOKI et al., 2007). Mergulhos que chegam a 350 metros de profundidade podem ser considerados rasos para a espécie e estão relacionados a comportamentos de socialização e descanso, enquanto os mergulhos de forrageamento ocorrem em grandes profundidades (MILLER et al., 2004; AOKI et al., 2012). No Golfo da Califórnia, Irvine et al. (2017) registraram uma profundidade média máxima de mergulho em 325 metros (DP = 239), com mergulhos ocasionais a 1.500 metros de profundidade. A duração média dos mergulhos foi de 25,4 minutos (DP = 14,2). Na Bacia de Santos, a profundidade média foi um pouco menor (234,1 metros), assim como a duração (18,01 minutos), mas 29% dos mergulhos registrados ultrapassaram os 500 metros de profundidade e possivelmente estejam relacionados ao forrageamento. Na região das ilhas Geórgia do Sul, a profundidade máxima de

mergulhos de forrageamento do cachalote foi de 1.343 metros, e a duração máxima de 42,1 minutos (TOWERS et al., 2018), excedendo estes valores quando estão predando peixes na pesca de espinhel. A profundidade máxima registrada na Bacia de Santos foi semelhante à de outras regiões (1.447,5 metros), mas a duração máxima foi superior (65,8 minutos).

O ciclo de mergulho é bastante estereotipado para algumas regiões. Os mergulhos típicos tendem a ser de 45 minutos (variando de 14 a 64 minutos), com um tempo de permanência no fundo de 28 minutos, seguido de um intervalo na superfície de cerca de 9 minutos entre sucessivos mergulhos (WATWOOD et al., 2006). No Golfo da Califórnia, México, a espécie permanece 75% do tempo em profundidades de 200 a 400 metros (DAVIS et al., 2007), enquanto que os indivíduos marcados pelo PMC/BS permaneceram 62% do tempo a menos de 500 metros de profundidade.

.

Odontocetos - Família Delphinidae

Orca, Orcinus orca

Foram registrados 5.876 para cinco indivíduos de *Orcinus orca.* O mergulho mais profundo chegou a 403,5 metros (tipo V) e o mais longo durou 16,4 minutos (tipo *Square*). De maneira geral, os mergulhos *Square* foram os mais frequentes, principalmente no agrupamento de mergulhos observado até o máximo de 100 metros de profundidade e 10 minutos de duração (**Figura V-128**). Cerca de 53% dos mergulhos ocorreu a menos de 20 metros de profundidade.

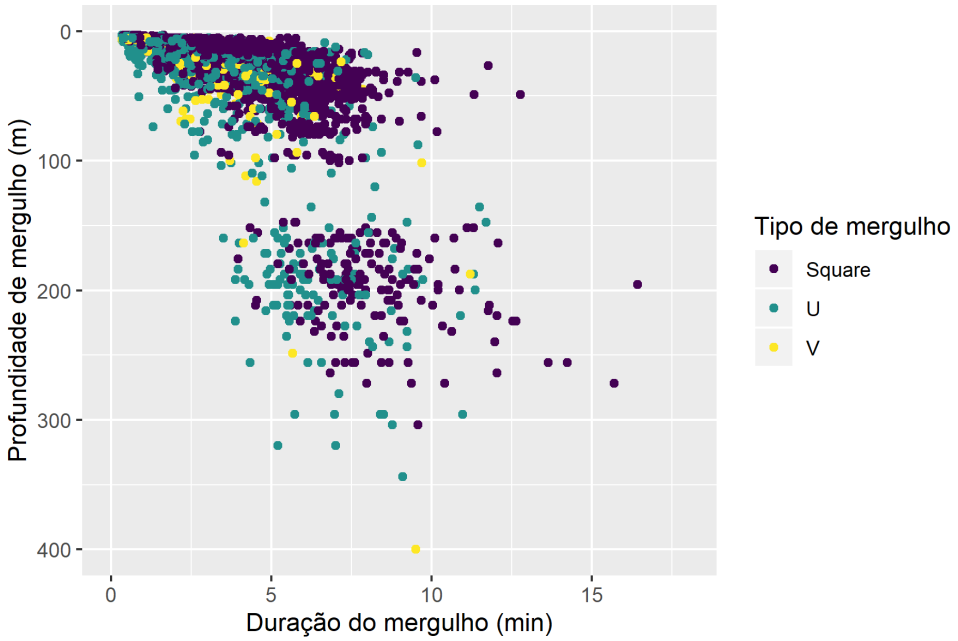


Figura V-128: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para cinco indivíduos de* ***Orcinus orca*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

Dentre os indivíduos marcados, quatro permaneceram na região do talude e um realizou um longo deslocamento ao sul, seguindo próximo à costa (PTT 162633). Podem se observar diferenças marcantes na profundidade de mergulho entre este indivíduo em comparação com outros que permaneceram na região do talude (PTTs 58013 e 162628), indicando que, próximo à costa, a espécie utilizou a coluna d'água, diferentemente dos mergulhos na região do talude.

Não houve diferença na profundidade dos mergulhos noturnos em comparação com os diurnos, considerando todos os tipos de mergulho em conjunto ($W = 4217200$; $p > 0,05$).

Não há registros do comportamento de mergulho de *Orcinus orca* no Atlântico Sul, com a maior parte das informações restritas ao Hemisfério Norte. Miller et al. (2010), utilizando DTAGs no Alasca, concluíram que à noite ocorre uma redução no número de mergulhos e um aumento na duração dos mergulhos rasos. Os dados obtidos no presente trabalho referem-se a um único indivíduo na região costeira e não houve diferenças na profundidade de

mergulho entre o dia e a noite. Utilizando sistemas acústicos, Newman & Springer (2008) concluíram que os animais aumentam a atividade durante a noite, o que poderia estar associado à maior disponibilidade de suas presas. Wright et al. (2017), também no Atlântico Norte, utilizaram DTAGs e concluíram que os mergulhos de caça ocorreram a mais de 100 metros de profundidade. Esses mergulhos foram classificados, em sua maioria, como mergulhos em formato V.

O presente trabalho registrou que apenas 4,9% dos mergulhos ultrapassaram os 100 metros de profundidade e, portanto, podem estar associados à alimentação, embora caiba considerar que o registro da maior parte dos mergulhos analisados foi de um indivíduo que se movimentou ao longo da costa no sentido sul; os mergulhos *Square* foram os mais rasos e mais longos. Para o indivíduo que permaneceu na região costeira, os mergulhos *Square* foram os mais profundos e mais longos.

Em geral, a espécie realiza mergulhos a menos de 300 metros de profundidade, com duração de até 4 minutos (WRIGHT et al., 2017), mas tem capacidade de permanecer até 16 minutos e atingir profundidade de 767 metros (REISINGER et al., 2015). A identificação de profundidade máxima durante o esforço amostral deste estudo registrou mergulhos de 403,5 metros. Apenas quatro mergulhos ultrapassaram a profundidade de 300 metros. Na região das ilhas Geórgia do Sul, 76% dos mergulhos de forrageamento foram a menos de 100 metros de profundidade e 17% a mais de 200 metros (TOWERS et al., 2018).

Baleia-piloto-de-peitorais-curtas, Globicephala macrorhynchus

Três indivíduos de *G. macrorhynchus* foram monitorados, totalizando 773 mergulhos. O mergulho mais profundo chegou a 959,5 metros (tipo U) e o mais longo durou 17,9 minutos (tipo V) (**Figura V-129**). Cerca de 70% dos mergulhos atingiram profundidade máxima de 200 metros.

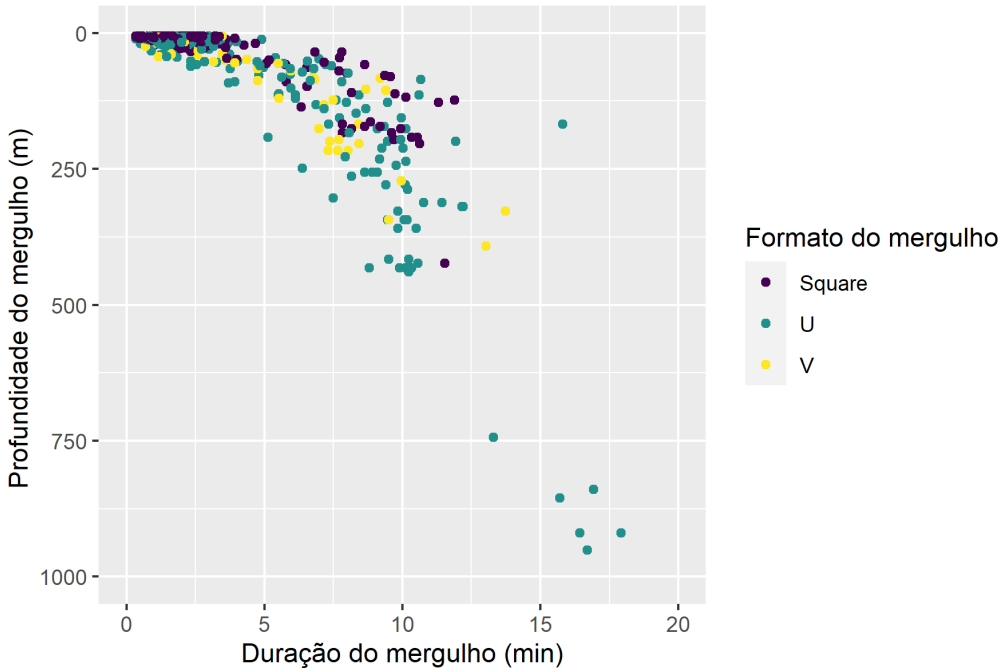


Figura V-129: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para três indivíduos de* ***Globicephala macrorhynchus*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

Os mergulhos noturnos foram mais profundos em comparação aos diurnos, considerando todos os tipos de submersão em conjunto (W = 102077; p < 0,05) (**Figura V-129**). Analisando os diferentes tipos de mergulho separadamente, é possível observar que tal padrão é marcante para os mergulhos tipo *Square* e U, enquanto os mergulhos tipo V apresentaram grande variabilidade na profundidade.

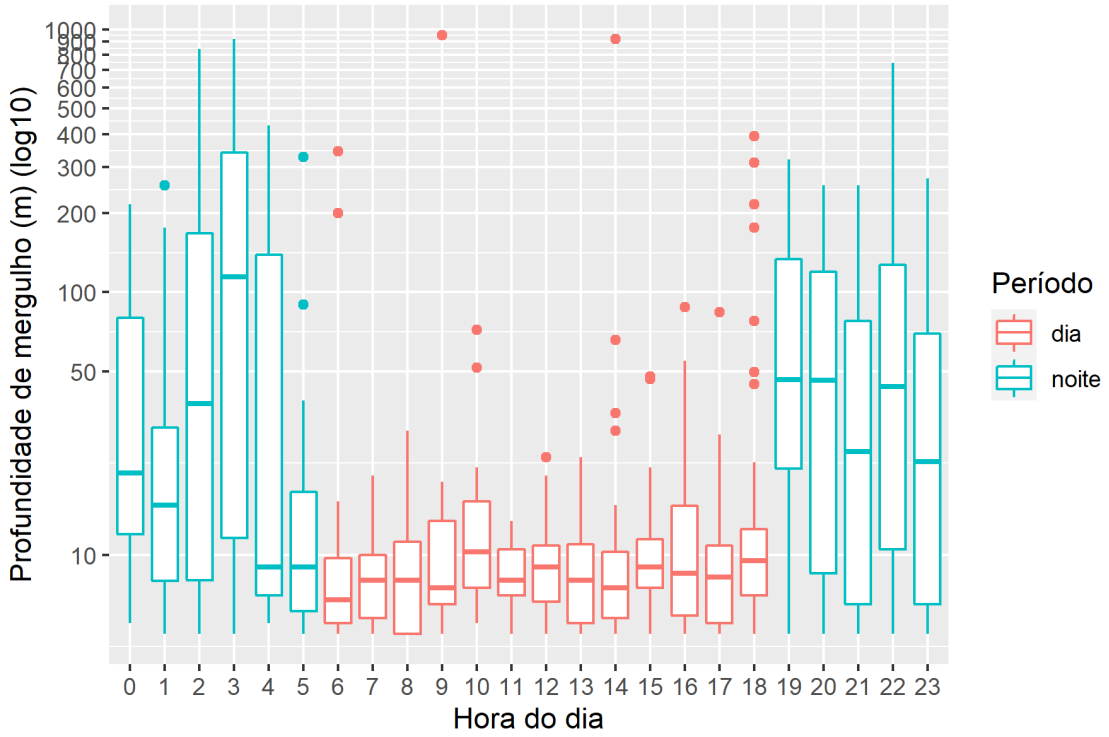


Figura V-130: *Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para três indivíduos de* ***Globicephala macrorhynchus*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.*

Baleias-piloto-de-peitorais-curtas são conhecidas por sua aptidão para mergulhos de grande profundidade, embora existam poucos estudos que abordem dados específicos sobre o tema, e costumam forragear a mais de 800 metros de profundidade (BAIRD et al., 2002; QUICK et al., 2017). Dois indivíduos juvenis de *Globicephala melas*, marcados e soltos após um período de reabilitação no nordeste do Atlântico, realizaram a maior parte dos mergulhos a uma profundidade menor que 15 metros, com duração de 2 minutos, embora tenham registrado uma profundidade máxima de até 500 metros e 14 minutos de duração (NAWOJCHIK et al., 2003).

No Mar da Ligúria, indivíduos de *G. melas,* marcados com transmissores arquivais, exibiram comportamento de mergulho distinto durante o dia, com os mergulhos mais profundos e longos realizados no entardecer (máximo de 648 metros e 12,7 minutos) (BAIRD et al., 2002). Utilizando o mesmo tipo de

equipamento, Alves et al. (2013) constataram que *G. macrorhynchus* permanece 94,1% do tempo a menos de 100 metros de profundidade, em mergulhos com duração inferior a 5 minutos nas imediações da Ilha Madeira, no Atlântico Norte. A profundidade máxima registrada foi de 988 metros e 16,08 minutos de duração (ALVES et al., 2013). Quick et al. (2017) concluíram que o comportamento de subsuperfície de *G. macrorhynchus* é bastante complexo e identificaram quatro tipos de mergulho, ou estados de mergulho, sendo que os indivíduos tendem a mergulhar em *clusters* de mergulhos de padrão semelhante.

Golfinho-de-Risso, Grampus griseus

Foram registrados 95 de mergulhos, todos para um indivíduo de *Grampus griseus*. O mergulho mais profundo chegou a 185,5 metros (tipo U) e o mais longo durou 8,6 minutos (tipo U) (**Figura V-131**). Cerca de 17% dos mergulhos chegou a mais de 50 metros de profundidade, o que indica que o indivíduo não realizou mergulhos profundos no período, considerando que ele permaneceu na região do talude continental. Não foi possível avaliar a variação diária pelo baixo n amostral de mergulhos para a espécie.

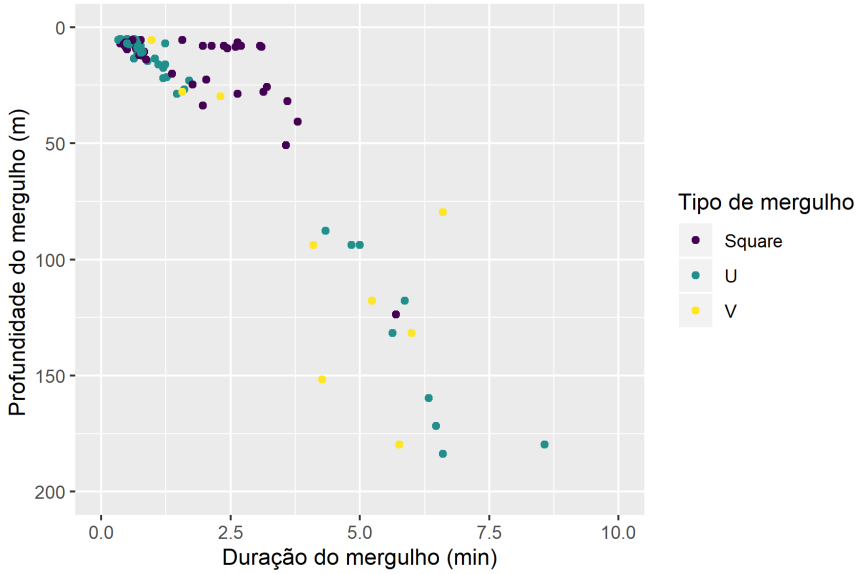


Figura V-131: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para um indivíduo de* ***Grampus griseus*** *marcado com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

O golfinho-de-Risso costuma habitar águas com até 1.500 metros de profundidade e se alimenta principalmente de cefalópodes (JEFFERSON et al., 2015). Algumas de suas presas realizam migração vertical, subindo durante a noite, o que facilita a sua predação pelos cetáceos e pode influenciar no seu padrão de mergulho, ocasionando mergulhos mais profundos à noite para a captura dessas presas. Embora o animal monitorado estivesse na região do talude continental, a profundidade média dos mergulhos foi reduzida (32,7 metros), semelhante ao registrado no sul da Califórnia, onde a profundidade média dos mergulhos da espécie foi menor que 30 metros (FALCONE; SCHORR, 2012).

Contudo, a profundidade (185,5 metros) e a duração máxima (8,6 minutos) registrada pelo PMC-BS foi inferior ao identificado na Califórnia, em que a profundidade máxima foi de 704 metros e a duração de 9,3 minutos, para animais marcados nas proximidades de ilhas oceânicas (FALCONE; SCHORR, 2012).

A profundidade média dos mergulhos na Bacia de Santos, no Golfo do Atlântico, indicou que mais de 95% dos mergulhos realizados por um indivíduo reabilitado e monitorado com transmissor satelital não ultrapassou os 50

metros de profundidade, chegando no máximo a 500 metros; os mergulhos mais profundos foram realizados à noite. A duração de cerca de 99% dos mergulhos foi inferior a 6 minutos, com 55% dos mergulhos durando entre 2 e 4 minutos (WELLS et al., 2009).

Golfinho-nariz-de-garrafa, Tursiops truncatus

Foram obtidos dados de mergulho para dez indivíduos de *T. truncatus*, totalizando 4.445 mergulhos do ecótipo ou subespécie oceânica (*T. t. truncatus*). A profundidade máxima foi de 72,5 metros (tipo *Square*) e o mergulho mais longo chegou a 5,8 minutos (tipo *Square*). A grande maioria dos mergulhos (88,9%) não passou de 20 metros de profundidade (**Figura V-130)**.

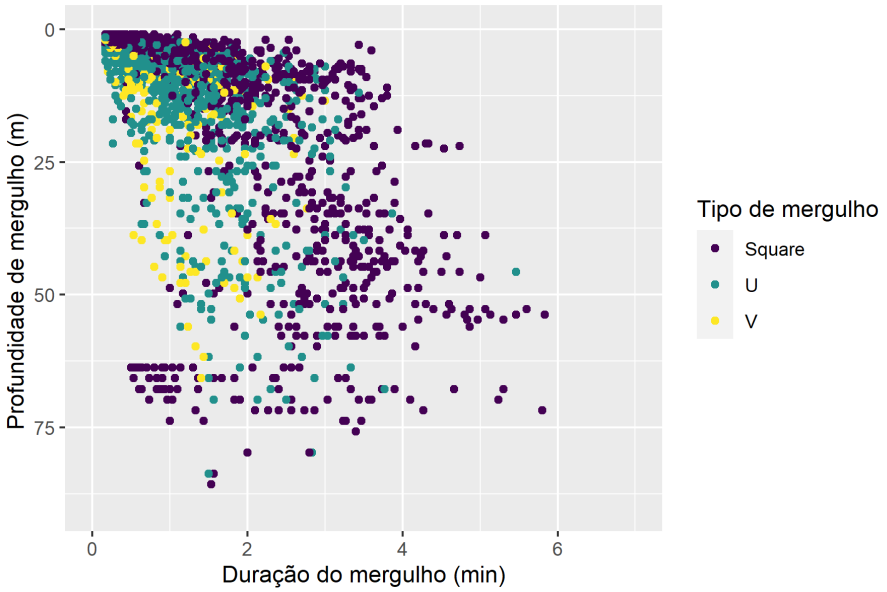


Figura V-132: *Profundidade e duração dos diferentes tipos de mergulho registrados para dez indivíduos de* ***Tursiops truncatus*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS.*

Os mergulhos noturnos foram mais profundos que os diurnos, considerando todos os tipos de mergulho em conjunto (W = 2.745.298; p > 0,05) (**Figura V-131**).

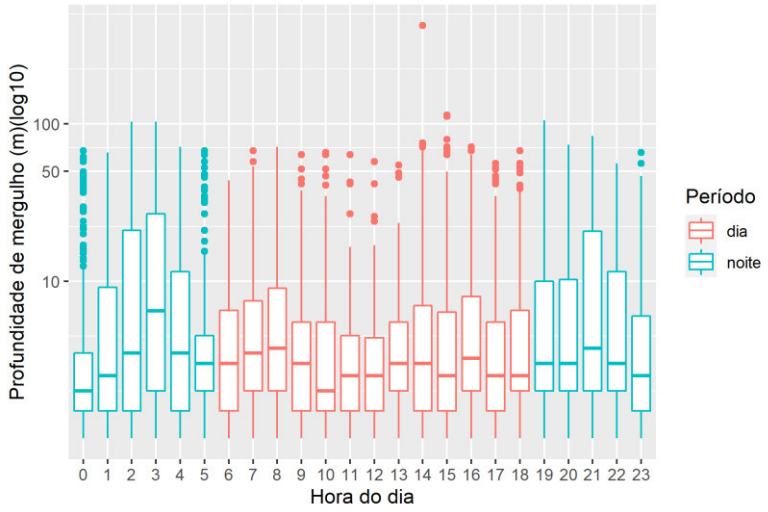


Figura V-133: *Profundidade de mergulho (em metros) (log10) registrada ao longo do dia para dez indivíduos de* ***Tursiops truncatus*** *marcados com transmissor satelital pelo PMC-BS. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal indica a mediana.*

Os dois ecótipos descritos para *T. truncatus* no litoral brasileiro ocorrem na Bacia de Santos (COSTA et al., 2016). Os dados de genética e de padrão de coloração indicam que todos os animais marcados durante o PMC-BS pertencem ao chamado ecótipo oceânico. Nas Bermudas, a maior parte dos mergulhos mais profundos chegou a 250 m, mas o limite máximo excedeu 500 m de profundidade (KLATSKY et al., 2007). Esta profundidade é muito superior à registrada no presente trabalho, de 72,5 metros, embora caiba considerar que os indivíduos analisados na Bacia de Santos permaneceram todo o período de monitoramento muito próximo da costa, o que explica o grande percentual de mergulhos rasos e de curta duração. Hastie et al. (2006), utilizando transmissores arquivais, registraram mergulhos de até 58,5 m de profundidade, o que coincidiu com o fundo marinho numa região costeira do Atlântico Norte, na Escócia. Analisando a atividade acústica dos animais, conclui-se que a maior parte do comportamento de pesca ocorreu até uma profundidade de 10 m.

V.4.2 Repertório acústico

Os assovios são sons tonais produzidos principalmente pelos membros da família Delphinidae (**Figura V-134**), a de maior riqueza específica entre os cetáceos. Entre todas as espécies de cetáceos já registradas pelo PMC-BS na Bacia de Santos, mais da metade são de membros da família dos delfinídeos.

Estes sons estão associados à comunicação, desenvolvendo funções importantes, como coesão social, reconhecimento individual, identificação de parentesco e outros aspectos das relações sociais entre os indivíduos (SMOLKER et al., 1993; TYACK; CLARK, 2000; TYACK, 2000; JANIK, 2009; JANIK; SAYIGH, 2013). Os grupos de delfinídeos podem ser formados por poucos a centenas de indivíduos, com variações quanto ao comportamento acústico entre as espécies (OSWALD et al., 2008; RANKING et al., 2008).

Pode-se dizer que os assovios são sinais na banda das frequências médias, a maior parte na faixa audível (entre 1 a 20 kHz). Uma das suas caraterísticas é a variação de frequência, ou modulação. A modulação pode ser ascendente, descendente, constante ou uma combinação entre elas. Os pontos dos assovios que mudam de uma inclinação positiva (ascendente), negativa (descendente) ou constante (sem modulação) são chamados de pontos de inflexão. Outras caraterísticas básicas são a frequência inicial, final, mínima, máxima, entre outros parâmetros de frequência. Os assovios são geralmente curtos (menos de 1 segundo a alguns poucos segundos). Parâmetros que envolvem a frequência e tempo também podem ser descritos, como por exemplo, a porcentagem do assovio que compõe períodos de modulação ascendente, descente ou constante, inclinação dos assovios medida em Hertz por segundo, duração entre pontos de inflexão, entre outros. A **Figura V-134** ilustra um espectrograma de um assovio do golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata*), registrado nas águas oceânicas da Bacia de Santos.

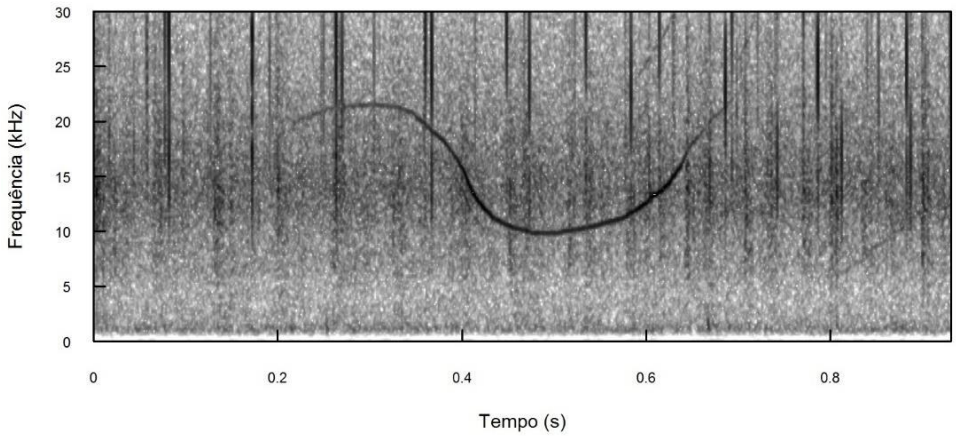


Figura V-134: *Exemplo de um assovio do golfinho-pintado-pantropical (**Stenella attenuata**) registrado no PMC-BS. Os assovios são sons tonais e geralmente modulados, como neste exemplo, que apresenta pontos de inflexão entre modulação ascendente-descendente-ascendente. As linhas verticais são cliques de ecolocalização.*

Banco de Dados de Vocalizações de Cetáceos do PMC-BS (Sonoteca)

Neste período de cinco anos do PMC-BS foram feitas detecções acústicas por meio das campanhas embarcadas de avistagem e MAP, que registraram uma série de grupos de delfinídeos confirmados visualmente em nível de espécie ou gênero. Estas detecções compõem a maior parte da SONOTECA do PMC-BS e foram processadas a fim de selecionar amostras de sons de boa qualidade e representativas de cada espécie/gênero. Esta primeira etapa busca validar o registro feito em campo, selecionando manualmente amostras individuais dos assovios de cada espécie, seguindo critérios de qualidade predefinidos (assovios que possam ser claramente identificados nos espectrogramas do início ao fim).

Até o presente, 11 espécies/gêneros de delfinídeos foram catalogados na SONOTECA do PMC-BS, porém, com uma diferença grande em termos de tamanho amostral entre as espécies. A **Tabela V-32** apresenta as espécies/gêneros registrados, indicando o número de detecções, o número de assovios no banco de dados do PMC-BS e o número amostral de assovios selecionados para processamento e análise. São mais de 5.000 assovios catalogados, com mais de 3.000 analisados. Porém, a tabela mostra notavelmente a diferença entre espécies pouco registradas, como o golfinho-

cabeça-de-melão (*Peponecehpala electra*) em um extremo (algumas dezenas de assovios) e, em outro, o golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) (milhares de assovios).

Esta representatividade heterogênea das espécies é influenciada pelos padrões de ocorrência e comportamento. As espécies com poucos assovios são consideradas mais raras (pela própria baixa frequência de registros de avistagem pelo PMC-BS), portanto, elas possuem poucas detecções acústicas. Alternativamente, podem ser espécies com registros mais frequentes que não produzem tantos assovios como outras, ou ainda, uma combinação destes dois fatores. Por isso é possível observar na **Tabela V-32** que, mesmo espécies com cerca de sete detecções acústicas registradas no período, como é o caso da baleia-piloto (Globicephala), o tamanho amostral ainda permanece abaixo de 100 assovios.

Tabela V-32: *Espécies de delfinídeo que compõem o banco de dados acústicos do PMC-BS, sumarizando o total de número de detecções das espécies/gêneros (detecções registradas pelo MAP e confirmadas visualmente), número amostral de assovios do banco de dados e número de assovios processados no período de cinco anos do PMC-BS.*

Espécie/gênero	Número de detecções acústicas*	Número de assovios no banco de dados	Número de assovios processados
Stenella frontalis	*79*	*1765*	*1443*
Stenella longirostris	*15*	*1461*	*605*
Tursiops truncatus	*17*	*519*	*358*
Stenella clymene	*7*	*400*	*266*
Steno bredanensis	*4*	*163*	*132*
Stenella attenuata	*8*	*161*	*133*
Delphinus	*2*	*229*	*84*
Globicephala	*7*	*64*	*64*
Grampus griseus	*2*	*207*	*55*
Feresa attenuata	*1*	*85*	*50*
Peponocephala electra	*1*	*43*	*43*
Total	**109**	**5.097**	**3.233**

**grupos mistos de espécies foram excluídos*

Processamento dos assovios para análise descritiva e desenvolvimento de classificadores

Após a triagem dos assovios validados nas campanhas e composição do banco de dados acústicos, os assovios foram processados a fim de extrair os parâmetros acústicos descritores para a caracterização das espécies, treinamento e testes de classificadores.

O número de assovios foi limitado a um máximo de 50 por grupo. Tal procedimento foi estabelecido para evitar o viés de muitas amostras de um único grupo de indivíduos. A caraterização dos assovios deve buscar a maior variabilidade possível do repertório das espécies, porém, se forem incluídos muitos assovios associados a um determinado grupo (o que foi definido como uma detecção ou encontro acústico), a amostra ficaria muito representativa de poucos indivíduos e não refletiria a variabilidade da população. As seguintes regras foram estabelecidas para selecionar aleatoriamente as amostras de assovios a serem processadas:

1) Dentre as detecções com até 30 assovios de qualidade, todos foram processados e incluídos na amostra.

2) Quanto às detecções entre 31 a 100 assovios de qualidade de um determinado encontro acústico, 75% dos assovios foram processados por meio de uma seleção randômica da amostra até o máximo de 50.

3) Acima de 100 assovios, 50 foram processados usando uma seleção randômica da amostra.

O processamento dos assovios para extração dos parâmetros descritores foi feito utilizando o módulo ROCCA (*Real-time Odontocete Call Classification Algorithm*) do programa PAMGUARD, desenvolvida para a análise de classificação de assovios de delfinídeos (OSWALD et al., 2013).

O processamento foi feito gerando um espectrograma no ROCCA para cada assovio individual previamente selecionado, conforme metodologia de amostragem discutida acima. O contorno do sinal foi extraído por meio da seleção manual de múltiplos pontos sobre o assovio que, quando juntos, formam o contorno (**Figura V-135**) de onde o programa extrai 50 parâmetros

acústicos descritores. Os descritores são compostos por uma diversidade de variáveis incluindo parâmetros de frequência, como aqueles tradicionalmente descritos para os assovios (frequência mínima, máxima, inicial, final, intervalo de frequência, duração, número de pontos de inflexão), além de uma combinação de diversos outros descritores, tanto de frequência, tempo e algumas variáveis categóricas. A tabela completa com os 50 descritores pode ser encontrada no **Anexo V.4.2-1.**

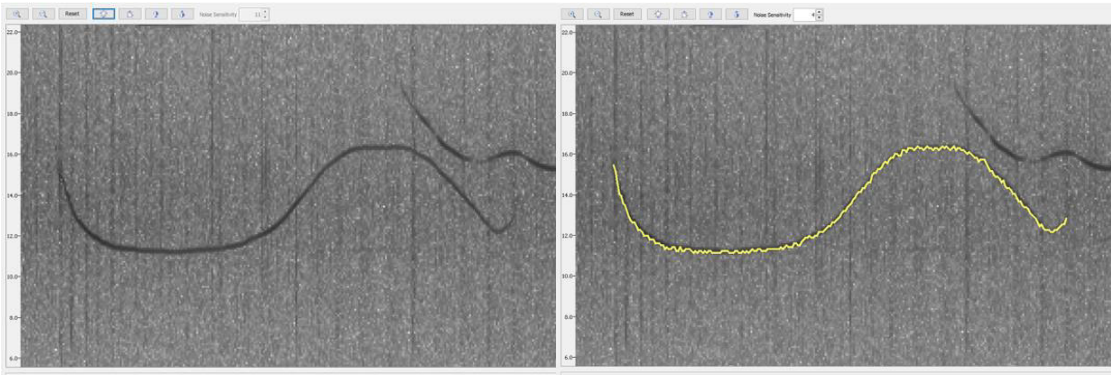


Figura V-135: *Exemplo de um assovio processado no módulo ROCCA do programa PAMGUARD. Os parâmetros são extraídos manualmente pelo contorno do assovio (em amarelo no espectrograma da direita).*

O banco de dados para a descrição e classificação de assovios de delfinídeos foi composto de 3.233 assovios de 11 espécies/gêneros de delfinídeos registrados até o presente pelo PMC-BS (**Tabela V-33**).

Existe uma grande discrepância em relação ao número amostral de assovios do golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) e das outras espécies. Isto porque *S. frontalis* é uma das espécies mais comuns de delfinídeo registradas pelo PMC-BS. O número de assovios processados se aproxima de 1.500, enquanto a segunda espécie com maior número amostral (golfinho-rotador - *Stenella longirostris*) tem uma pouco mais de um terço deste número. Na sequência, em ordem decrescente, vem o golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*), com pouco mais de 350 assovios, golfinho-de-Clymene (*Stenella clymene*) (n = 266) e, em seguida, duas espécies com cerca

de 130 assovios, o golfinho-pintado-pantropical (*Stenella attenuata)* e golfinho-de-dentes-rugosos (*Steno bredanensis*).

Todas as outras cinco espécies têm um baixo número amostral, com menos de 100 assovios amostrados (variando de 43 para golfinho-cabeça-de-melão (*Peponocephala electra*) até 84 para o golfinho-comum (*Delphinus* sp.).

Caracterização acústica dos assovios

Os parâmetros acústicos mais comuns para caracterização de assovios de delfinídeos estão sumarizados na **Tabela V-33.** São basicamente parâmetros de frequência mínima, máxima, inicial, final, intervalo de frequência (diferença da frequência máxima e a mínima), pontos de inflexão e frequência média. Os valores sumarizam a média, desvio padrão, mediana e valores mínimo e máximo de cada um dos parâmetros apresentados. Os parâmetros de frequência no geral mostram um gradiente de bandas de frequência utilizadas pelas diferentes espécies, porém, com muita sobreposição. Nota-se que existem similaridades e sobreposição de valores entre diferentes conjuntos de espécies. Tomando como base a média da frequência máxima, por exemplo, o golfinho-de dentes-rugosos e a baleia-piloto apresentaram os menores valores (entre 10 - 12 kHz), enquanto o golfinho-pintado-pantropical foi o maior valor (19 kHz). As **Figura V-136 a Figura V-139** trazem os gráficos de caixas (*boxplot*) de alguns parâmetros acústicos, apresentados em ordem crescente de valores da mediana.

Tabela V-33: *Sumário dos parâmetros acústicos dos assovios das espécies de delfinídeos registrados no PMC-BS. Valores indicam a média, desvio padrão e o mínimo e máximo entre parênteses.*

Espécie	Freq. Mínima (kHz)	Freq. Máxima (kHz)	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Delta Freq. (kHz)	Freq. Média (kHz)	No Pontos Inflexão	Duração (s)
Globicephala sp. (n= 64)	7,2 ± 3,1 (2,1 - 16,4)	12,3 ± 5,1 (3,4 - 30,7)	7,9 ± 3,4 (2,6 - 16,4)	11,7 ± 5,4 (2,8 - 30,7)	5,1 ± 4,7 (0,19 - 28,5)	10,1 ± 3,9 (3,1 - 23,0)	2,3 ± 1,8 (0 - 8)	0,53 ± 0,25 (0,09-1,06)
Steno bredanensis (n= 132)	7,2 ± 2,2 (3,0 - 21,7)	10,0 ± 3,7 (5,1 - 22,7)	8,3 ± 3,4 (3,0 - 22,3)	9,3 ± 3,6 (4,5 - 22,7)	2,7 ± 2,7 (0 - 11,0)	8,5 ± 2,4 (4,9 - 22,1)	3,4 ± 3,2 (0 - 20)	0,45 ± 0,29 (0,02 - 1,66)
Tursiops truncatus (n= 358)	8,6 ± 2,6 (2,2 - 25,8)	15,6 ± 5,0 (5,2 – 29,0)	11,3 ± 5,5 (2,4 - 29,5)	12,3 ± 4,8 (2,4 - 25,8)	7,1 ± 4,3 (0 - 20,3)	11,7 ± 3,1 (4,3 - 26,6)	3,2 ± 3,7 (0 - 32)	0,83 ± 0,62 (0,05 - 5,61)
Peponocephala electra (n= 43)	8,6 ± 3,5 (4,9 - 18,0)	13,3 ± 4,1 (6,7 - 24,2)	10,3 ± 4,6 (5,1 - 24,1)	11,4 ± 4,4 (5,1 - 22,5)	4,7 ± 2,7 (0,37 - 9,9)	10,4 ± 3,2 (6,1 - 19,0)	3,6 ± 2,6 (0 - 11)	0,74 ± 0,28 (0,10 - 1,22)
Stenella frontalis (n= 1443)	8,8 ± 2,5 (3,4 - 26,6)	16,4 ± 3,5 (4,7 - 37,0)	9,9 ± 3,2 (3,4 - 27,0)	14,9 ± 4,1 (3,7 - 36,9)	7,6 ± 3,8 (0,19 - 27,2)	12,1 ± 2,4 (4,6 - 28,2)	2,7 ± 2,6 (0 - 56)	0,54 ± 0,31 (0,06 - 2,01)
Stenella attenuata (n= 133)	9,2 ± 2,3 (4,3 - 15,7)	19,5 ±3,7 (11,0 - 28,7)	10,9 ± 3,9 (4,3 - 24,4)	15,1 ± 5,7 (6,4 - 28,7)	10,3 ± 3,8 (1,12 - 20,6)	14,0 ± 2,5 (8,3 - 21,3)	3,5 ± 2,9 (0 - 12)	0,80 ± 0,36 (0,09 - 1,54)

Espécie	Freq. Mínima (kHz)	Freq. Máxima (kHz)	Freq. Inicial (kHz)	Freq. Final (kHz)	Delta Freq. (kHz)	Freq. Média (kHz)	No Pontos Inflexão	Duração (s)
Stenella longirostris (n= 605)	10,4 ± 2,9 (3,7 - 25,0)	17,6 ± 3,7 (9,2 – 32,4)	12,4 ± 4,8 (3,7 - 32,7)	15,1 ± 4,1 (5,1 - 32,4)	7,2 ± 3,6 (0,28 - 22,1)	14,0 ± 2,6 (6,0 - 28,1)	3,8 ± 6,9 (0 - 128)	0,96 ± 0,43 (0,05 - 2,68)
Feresa attenuata (n= 50)	10,4 ± 2,3 (6,4 - 15,1)	17,5 ± 3,7 (9,4 - 28,9)	12,7 ± 5,0 (6,4 - 28,9)	14,8 ± 2,9 (9,4 - 21,2)	7,0 ± 3,3 (1,12 - 18,2)	13,7 ± 2,1 (8,7 - 19,5)	5,34 ± 4,1 (1 - 17)	1,27 ± 0,48 (0,28 - 2,18)
Delphinus sp. (n= 84)	10,5 ± 2,7 (5,6 - 18,0)	15,9 ± 3,5 (9,4 - 29,6)	12,5 ± 3,4 (7,1 - 23,1)	13,8 ± 4,0 (6,0 - 29,6)	5,5 ± 2,8 (0,65 - 12,7)	12,8 ± 2,5 (7,8 - 23,2)	3,8 ± 3,7 (0 - 19)	0,74 ± 0,32 (0,14 - 1,55)
Stenella clymene (n= 266)	11,5 ± 2,7 (5,8 - 19,1)	17,3 ± 3,0 (9,7 - 26,4)	13,4 ± 4,1 (7,5 - 26,4)	13,6 ± 4,0 (5,8 - 24,2)	5,8 ± 3,2 (0,37 - 17,6)	14,7 ± 2,4 (7,9 - 21,0)	2,2 ± 1,7 (0 - 10)	0,45 ± 0,31 (0,06 - 1,89)
Grampus griseus (n= 55)	12,9 ± 5,1 (6,2 - 32,8)	16,4 ± 4,7 (10,5 - 34,9)	13,6 ± 4,7 (6,2 - 33,2)	15,6 ± 4,6 (10,2 - 34,9)	3,4 ± 2,6 (0,47 - 12,1)	14,6 ± 4,6 (10,0 - 33,0)	2,0 ± 1,3 (0 - 5)	0,6 ± 0,45 (0,09-1,98)

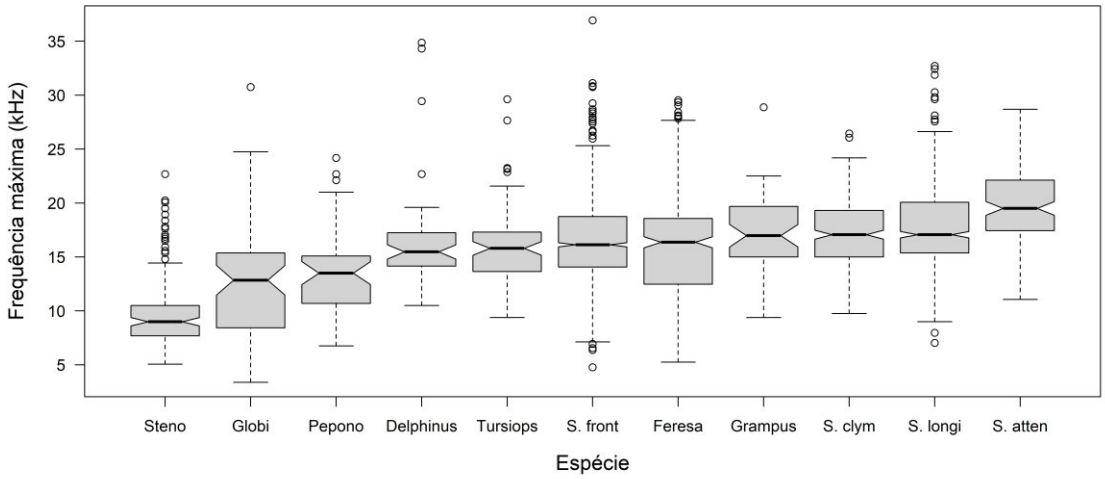


Figura V-136: *Frequência máxima (kHz) de assovios de delfinídeos coletados na Bacia de Santos, ordenados de forma crescente pela mediana. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis (50% dos dados), e a linha mais escura horizontal em forma de nó indica a mediana e o intervalo de confiança de 95% em torno da mediana.*

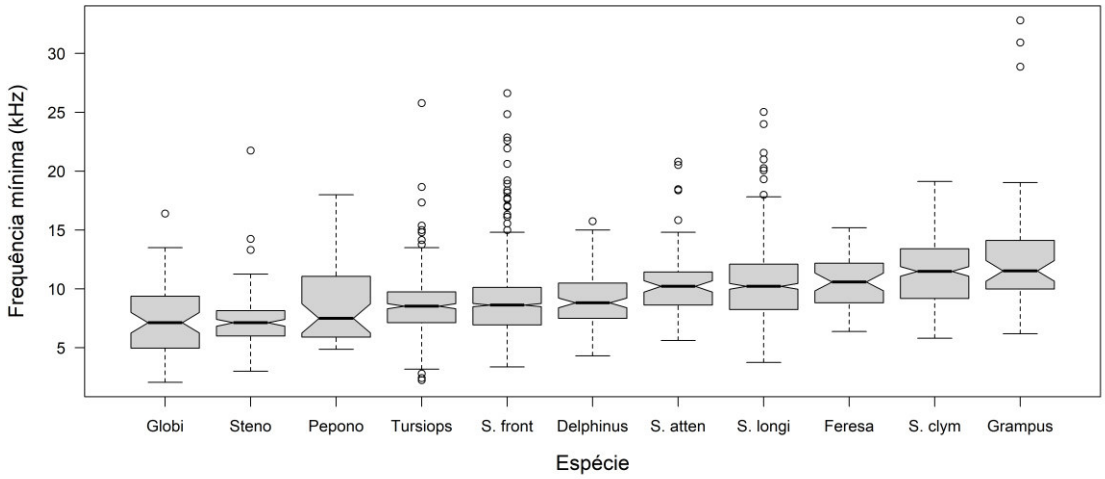


Figura V-137: *Frequência mínima (kHz) de assovios de delfinídeos coletados na Bacia de Santos, ordenados de forma crescente pela mediana. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis (50% dos dados), e a linha mais escura horizontal em forma de nó indica a mediana e o intervalo de confiança de 95% em torno da mediana.*

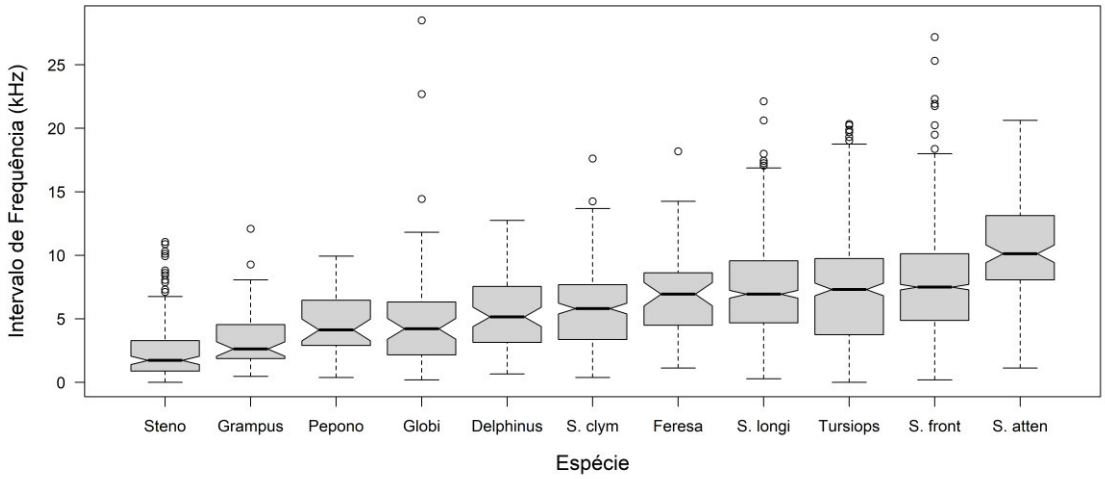


Figura V-138: *Intervalo de Frequência (kHz) (diferença entre a frequência máxima e a frequência mínima) de assovios de delfinídeos coletados na Bacia de Santos, ordenados de forma crescente pela mediana. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis (50% dos dados), e a linha mais escura horizontal em forma de nó indica a mediana e o intervalo de confiança de 95% em torno da mediana.*

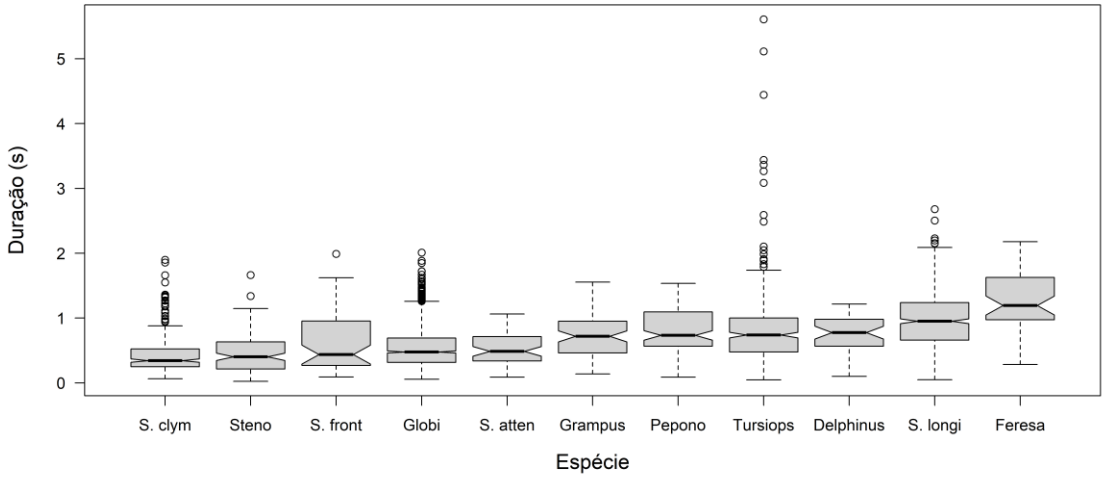


Figura V-139: *Duração (segundos) de assovios de delfinídeos coletados na Bacia de Santos ordenados de forma crescente pela mediana. A caixa representa o primeiro e o terceiro quartis, e a linha mais escura horizontal em forma de nó indica a mediana e 95% de intervalo de confiança em torno da mediana.*

Os gráficos *boxplot* também mostram padrão similar na ordem crescente entre grupos de espécies, sendo que umas se sobrepõem mais que as outras

formando um gradiente. Para explorar de forma mais detalhada a variância, correlação e importância dos parâmetros acústicos descritores dos assovios, foi feita uma análise multivariada exploratória do tipo ACP (análise de componentes principais). Esta análise indica as variáveis mais relevantes em termos de variância (BORCARD et al., 2011). Antes da ACP, a colinearidade (correlação entre variáveis) foi avaliada por meio do índice de correlação de Pearson. A **Figura V-140** apresenta a matriz de correlação de Pearson (r) entre cada um dos 50 parâmetros acústicos mensurados no ROCCA, incluindo todos os 3.233 assovios de todas as espécies do acumulado do PMC-BS.

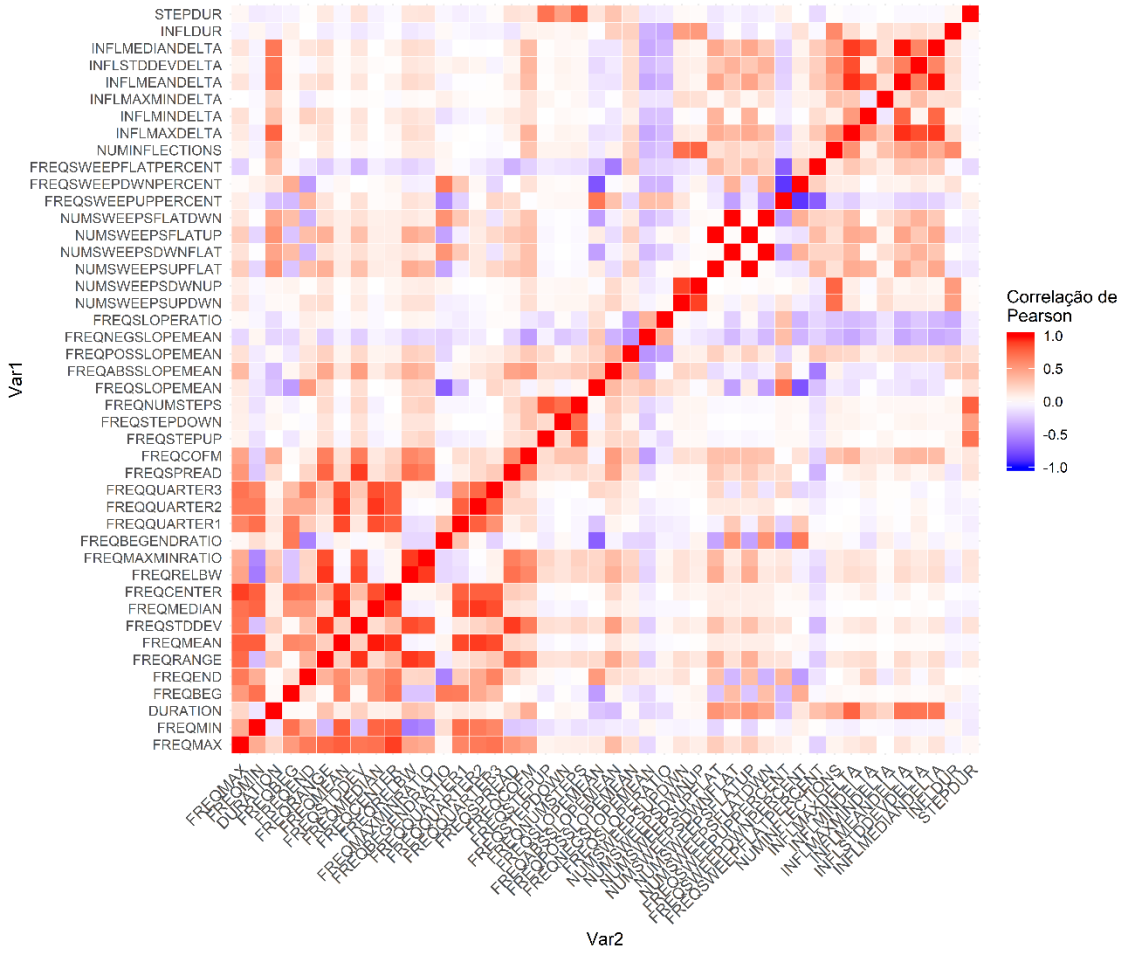


Figura V-140: *Matriz de correlação das variáveis descritivas dos assovios de delfinídeos da Bacia de Santos pelo ROCCA. Ver abreviações e descrição das variáveis no* ***Anexo V.4.2-1****.*

Os parâmetros fortemente correlacionados (chamados de colineares) são aqueles com valor de coeficiente de correlação ≥ 0,7 ou ≤ - 0,7 e estão representados pelas cores fortes em vermelho (correlação positiva) ou azul (correlação negativa) na matriz da **Figura V-140.** A figura ressalta uma forte correlação positiva entre diversas variáveis de frequência. Somente a variável frequência máxima (FREQMAX) possui correlação alta com parâmetros como frequência final, intervalo de frequência, frequência média e frequência nos quartis. Com base na matriz de correlação, calculou-se o conjunto de eixos (autovetores) da ACP. Dada a diferença de escalas entre algumas variáveis, os dados foram estandardizados antes de rodar a análise. Todos os procedimentos estatísticos e gráficos foram realizados usando o programa R (R CORE TEAM, 2020).

Os dois primeiros eixos da ACP explicaram 35,7% da variância dos dados (**Figura V-140**). O acumulado até o eixo VII foi de 75%. A **Figura V-141** apresenta o gráfico *biplot* dos dois primeiros eixos da ACP. As elipses e os pontos de diferentes cores representam as amostras que pertencem às diferentes espécies conforme a legenda. Este gráfico mostra a quantidade de sobreposição entre os pontos de espécies diferentes. Quanto mais os pontos se afastam do valor 0 no centro do gráfico, maior a importância na explicação da variância. A nuvem de pontos azul domina o gráfico por causa do elevado número de pontos (n = 1443) pertencentes ao golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*).

A seleção dos descritores baseou-se naqueles que mais contribuíram na variância e formação dos sete primeiros eixos de ordenação da ACP. Em seguida, verificou-se a colinearidade entre as variáveis selecionadas. Dessas, as com índices maiores que 0,7 ou menores que -0,7 foram consideradas altamente correlacionadas, e somente uma delas foi selecionada para as análises multivariadas de classificação, que consideram a premissa de independência entre variáveis.

Abaixo está a lista de variáveis indicadas pelo APC (excluindo variáveis colineares) e seus respectivos eixos:

FREQMAX = Frequência máxima (Eixo I)

FRQCOMFM = Coeficiente de modulação de frequência (soma da diferença de 20 medições de frequência lado a lado dividido por 1.000) (Eixo I)

FREQMIN = Frequência mínima (Eixo 2)

FREQSLOPEMEAN = Média da modulação de frequência medida em Hz/s (Eixo III)

FREQABSSLOPEMEAN = Valor médio absoluto de modulação de frequência medida em Hz/s (Eixo IV)

FREQNUMSTEPS = Número de degraus. Número de vezes que a frequência amenta ou diminui 10% entre dois pontos lado a lado ao longo do assovio (Eixo IV)

NUMSWEEPSUPDWN = Número de pontos de inflexão ascendente-descendente (EIXO V)

INFLDUR = Número de pontos de inflexão dividido pela duração (Eixo V)

FREQPOSSLOPEMEAN = Média da modulação positiva (Hz /s) (Eixo VII)

FREQNEGSLOPEMEAN = Média da modulação negativa (Hz /s) (Eixo VII)

FREQSWEEPFLATPERCENT = Porcentagem do assovio sem modulação (Eixo VII).

FREQSLOPERATIO = Média da modulação positiva dividido pela Média da modulação negativa (Hz /s) (Eixo VII)

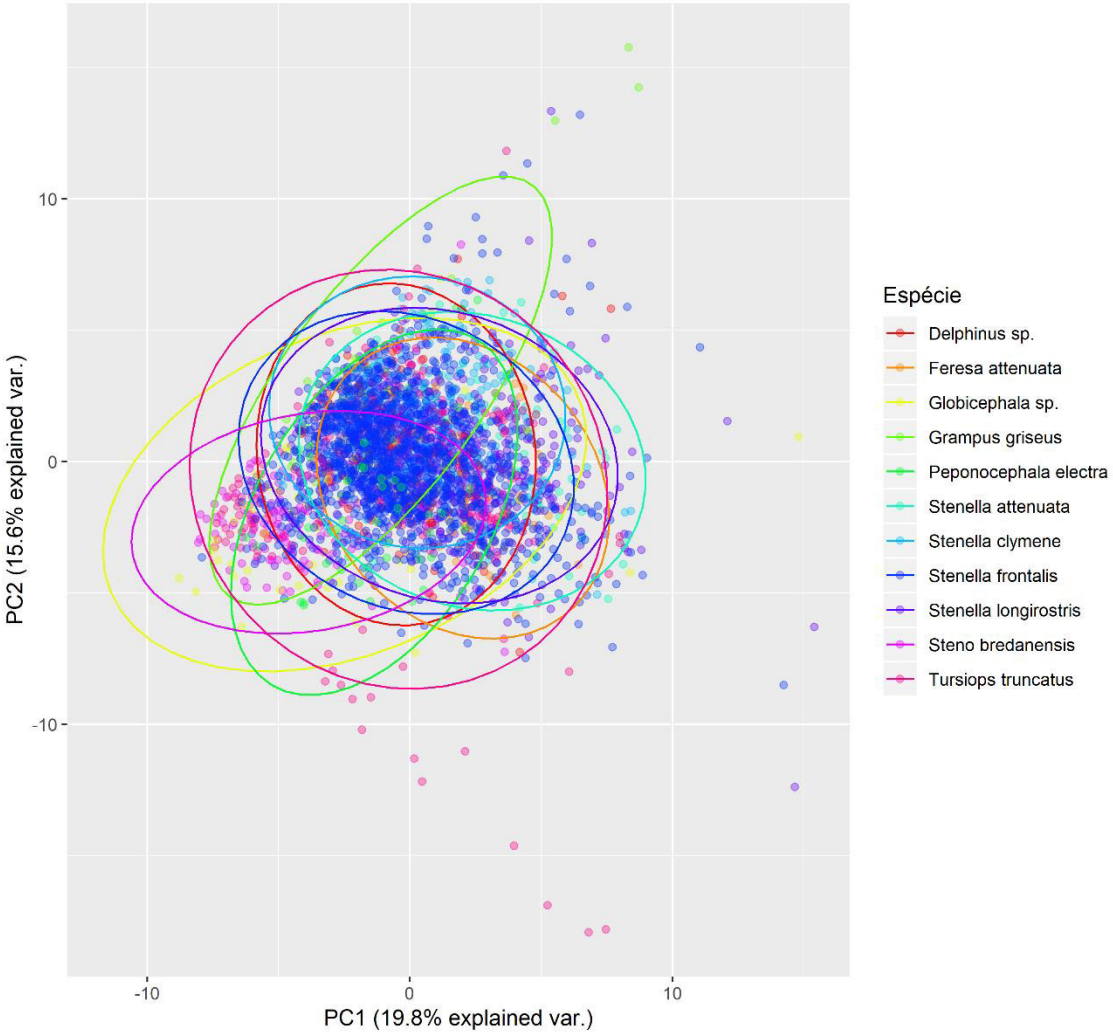


Figura V-141: *Biplot com os dois primeiros eixos fatoriais da Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando 44 parâmetros descritores dos assovios das onze espécies de delfinídeos registrados no acumulado do PMC-BS.*

Classificação dos assovios

Antes de aplicar classificadores para os dados cumulados de assovios do PMC-BS, foi feita uma avaliação sobre a melhor abordagem para gerar classificadores robustos e obter a melhor acurácia possível. Para testar a acurácia de um classificador, é importante que os dados sejam previamente particionados em dois conjuntos: um conjunto de treinamento do classificador

e um conjunto de teste. O uso dos dados de treinamento para testar um classificador pode servir como uma ferramenta de diagnóstico, mas somente apresentando casos novos nunca vistos antes pelo classificador, que realmente se pode acessar a acurácia preditiva de um modelo de classificação (JAMES et al., 2013).

Seguindo estas recomendações, os dados do PMC-BS foram separados em 75% para treinamento e 25% para teste dos classificadores. Feito isso, foi necessário eliminar algumas espécies por causa do baixo número amostral. O treinamento de classificadores utilizando poucas amostras pode resultar em dados poucos confiáveis. Somente aquelas espécies com mais de 100 assovios restantes nos dados de treinamento foram consideradas para as análises seguintes, sendo compostas por 6 espécies: *S frontalis*, *T. truncatus*, *S. longirostris*, *S. clymene*, *S. bredanensis* e *S. attenuata.*

Outro problema dos dados é a grande discrepância do número de amostras entre as espécies, o que é chamado de dados não balanceados (as diferentes classes que são apresentadas para o treinamento devem ter proporções semelhantes, caso contrário haverá um problema de viés nos modelos). Desta vez, será necessário igualar o número de amostras de assovios por espécie para igualar a frequência de acordo com a espécie minoritária. Tanto *S. bredanensis* como *S. attenuata* apresentaram pouco mais de 130 assovios, portanto, as outras espécies foram subamostradas aleatoriamente, fazendo com que o conjunto de dados de treinamento ficasse com 99 assovios (75%) para cada uma das seis espécies (total de 594 assovios). O mesmo foi feito para o conjunto de dados de testes, resultando em 33 assovios (25%) para cada espécie (total de 198 assovios). Foram feitas diferentes abordagens em relação às técnicas de treinamento de classificadores, sendo elas: Análise Discriminante (AD) e os modelos baseados em árvores de decisão, divididos em árvores de classificação, *bagging* e floresta randômica. Os resultados reportados indicam a acurácia ou taxa de acerto geral de cada método (percentagem do total de acertos).

Análise Discriminante (AD)

A análise discriminante (AD) ajusta um eixo na direção de maior variabilidade entre grupos, de forma similar à ACP. A finalidade da AD é interpretar grupos de objetos predefinidos, posicionando as amostras no eixo da função discriminante. Estes modelos acham combinações lineares de descritores que maximizam a diferença entre os grupos (VALENTIN, 2000). As premissas da DFA é a ausência de colinearidade (correlação entre variáveis descritoras) nos modelos. Por isso, não foram incluídas variáveis correlacionadas neste tipo de análise.

O modelo treinado com 594 assovios foi capaz de acertar 55% dos 99 assovios dos dados de teste apresentados ao classificador. A taxa de acerto por espécie variou de 33% para *T. truncatus* até 84% para *S. bredanensis.* A **Figura V-142** apresenta o gráfico *biplot* dos eixos discriminantes, onde pode ser observada essa diferenciação de *S. bredanensis*, a única espécie classificada com a maior confiabilidade pelo método da análise discriminante.

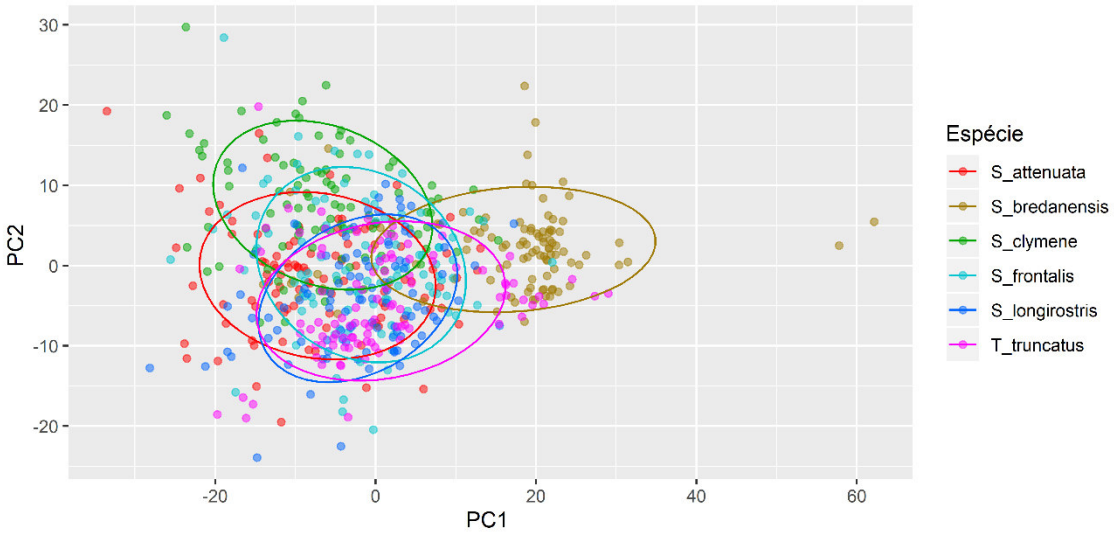


Figura V-142: *Gráfico biplot dos eixos discriminantes (Análise Discriminante) do conjunto de assovios de teste para seis espécies de delfinídeos registrados no PMC-BS. As cores representam as diferentes espécies conforme indicado na legenda.*

Modelos baseados em árvores de decisão

Os métodos baseados em árvores de decisão (BREIMAN et al., 1984) fazem parte do conjunto de técnicas de mineração de dados e aprendizado de máquina. O algoritmo aceita tanto variáveis contínuas como categóricas. Os parâmetros descritores escolhidos são aqueles que maximizam o ganho de informação a cada divisão dos dados (particionamento recursivo). Eles produzem regras de decisão com base no nódulo raiz (todos os dados) e formam ramos até chegar nos nódulos terminais (grupos de objetos atribuídos a uma das classes predefinidas). A **Figura V-143** ilustra a árvore de classificação gerada para os assovios do conjunto de dados de treino do PMC-BS.

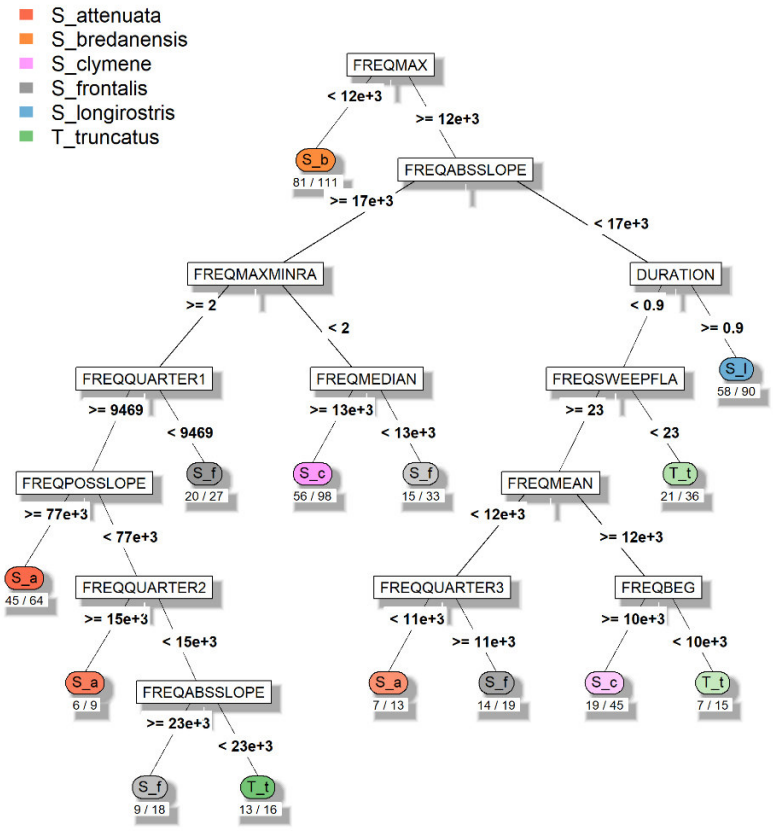


Figura V-143: *Árvore de classificação gerada pelos dados de teste para seis espécies de delfinídeos registrados no PMC-BS. A árvore mostra os parâmetros acústicos selecionados pelo modelo, os valores de corte e o número de acertos para cada nódulo terminal (representados por diferentes cores, conforme a legenda de cores das espécies).*

Além dos métodos baseados em uma única árvore de decisão, pode-se empregar modelos baseados em um conjunto de árvores, de forma a melhorar o desempenho do classificador. A técnica conhecida como *bagging* (BREIMAN, 1996) produz múltiplas reamostragens dos dados usando o *bootstrap* (reamostragem com reposição) e gera múltiplas árvores de decisão com base nestes subconjuntos reamostrados repetidas vezes. Seguindo a mesma metodologia, mas com um fator de aleatorização a mais, a técnica de floresta randômica (*random florest*) (BREIMAN, 2001) gera múltiplas árvores de decisão, limitando o número de parâmetros descritores a serem escolhidos em cada etapa do processo de particionamento recursivo do algoritmo. Os novos casos apresentados ao modelo são classificados de acordo com um sistema de votos em que cada árvore da floresta randômica atribui uma classificação. A classe votada pela maioria das árvores que compõe o modelo é a escolhida.

Estas técnicas foram empregadas ao conjunto de dados de teste dos assovios do PMC-BS. O método de *bagging* utilizou 25 reamostragens e a floresta randômica usou 1.000 árvores com o limite de 21 parâmetros descritores. A **Tabela V-34** apresenta os resultados da acurácia preditiva (%) para cada um destes modelos.

Tabela V-34: *Resultados obtidos pelo conjunto de dados de assovios de teste do PMC-BS para modelos de classificadores baseados em árvores de decisão de seis espécies de delfinídeos da Bacia de Santos, medidos pela acurácia preditiva de cada modelo (percentual de classificações corretas) e os respectivos intervalos de confiança de 95%.*

Classificadores	Porcentagem de classificações corretas	Intervalo de Confiança 95%
Árvore de Classificação	50%	43 - 58
Bagging	68%	61 - 75
Floresta Randômica	70%	63 - 76

A floresta randômica foi o algoritmo que obteve os melhores resultados de classificação, também similares foram os resultados utilizando o *bagging*. Estes métodos se apropriam do uso de não apenas uma única árvore, mas um conjunto de árvores de classificação, formando múltiplos classificadores que resultam em um melhor desempenho. O desempenho inferior de uma única árvore de classificação é resultado de um sobreajuste dos dados de treinamento (o classificador é considerado muito especializado). Quando o algoritmo trabalha com reamostragens, ele explora a variabilidade de cada árvore, além disso, a aleatoriedade nos parâmetros disponíveis para o algoritmo, como é o caso da floresta randômica, também produz árvores menos correlacionadas. A acurácia preditiva geral do modelo de floresta randômica foi de 70%. A **Tabela V-35** sumariza os resultados do modelo de floresta randômica referente à porcentagem de classificação correta para cada uma das seis espécies investigadas.

***Tabela V-35**: Resultado obtidos pelo conjunto de dados de assovios de teste do PMC-BS para modelos de classificadores baseados em floresta randômica de seis espécies de delfinídeos da Bacia de Santos, medidos pela taxa de acerto para cada espécie (sensibilidade).*

Espécie (n)	Porcentagem de classificações corretas (sensibilidade)
Steno bredanensis	*82%*
Stenella longirostris	*79%*
Stenella attenuata	*79%*
Stenella frontalis	*70%*
Stenella clymene	*64%*
Tursiops truncatus	*48%*

Na **Tabela V-36** é possível observar que o modelo de floresta randômica mostrou desempenho satisfatório para boa parte das espécies investigadas. Na análise discriminante e árvore de classificação simples, os resultados de 70 - 80% de acerto haviam sido observados apenas para *S. bredanensis*, mas já na floresta randômica, quatro espécies tiveram resultados entre 70 - 80% de taxa de acerto. Comparado aos modelos de análise discriminante e árvores de

classificação simples, *S.breadanensis* manteve um desempenho similar na floresta randômica (arredores de 80%). Mas houve espécies que melhoraram substancialmente, também alcançando valores nos arredores de 80% (*S. longirostris* e *S. attenuata)*. Para *S. frontalis*, a melhora também foi substancial (70%), ao contrário de *S. clymene* e principalmente *T. truncatus*, que apresentaram valores abaixo e bem abaixo das outras espécies (64% e 48%, respectivamente). *S. clymene* foi confundido principalmente com *S. attenuatta*, mas também houve erros de classificação atribuídos a *S. frontalis* e *S. longirostris.* Os assovios de *S. clymene* apresentam características de frequência intermediárias entre estas espécies e é possível que, com o aumento da amostra de treinamento dos dados, as características de *S. clymene* possam ser melhor evidenciadas, mesmo assim, o desempenho para a espécie não foi ruim (acima de 60% de acerto).

O maior erro de classificação foi para *T. truncatus*, sugerindo que é uma espécie que apresenta maior plasticidade na estrutura dos assovios. Observou-se que assovios de *T. truncatus* foram atribuídos erroneamente para todas as outras espécies, desde *S. bredanensis* (que apresenta assovios com frequência mais baixa) até *S. longirostris* e *S. attenuata* (que apresentam assovios com frequência mais altas), portanto, parece que *T. truncatus* tem maior variância intraespecífica. A duração dos assovios, particularmente, exibiu um desvio padrão alto. Os registros de *T. truncatus* do PMC-BS foram feitos desde localidades em águas costeiras (30m) até águas da plataforma continental e oceânica, havendo a possibilidade de existir diferenças de uso de habitat dentro da população. Existem evidências de que os grupos de *T. truncatus* possuem assovios específicos para cada indivíduo (assovio-assinatura) (JANIK et al., 2006; JANIK; SAYIGH, 2013).

Grupos distintos habitando diferentes áreas com diferentes graus de relações sociais podem ter assovios com características distintas, o que refletiria na dificuldade de classificação de um padrão característico para a espécie. Os movimentos de *T. truncatus* entre áreas costeiras e oceânicas na Bacia de Santos ainda é muito pouco conhecido. Análises futuras que levem em conta variáveis do uso de habitat (p.ex.: profundidade) e informações sobre movimentos da espécie podem auxiliar a explorar melhor estas hipóteses.

A conclusão é que neste período de cinco anos do PMC-BS, os dados acústicos de assovios aplicados aos algoritmos de aprendizagem de máquina indicam que pelo menos três espécies de delfinídeos da Bacia de Santos podem ser classificadas pelos seus assovios, com 80% de chance de acerto, além de duas espécies entre 64% - 70%.

Os classificadores estão sendo continuamente aprimorados ao longo do período de amostragem do PMC-BS. No ano anterior, os classificadores apresentados obtiveram porcentagem de classificação correta de 80% ou mais para apenas uma única espécie (*S. bredanensis*), comparada ao número de três espécies neste ano, conforme resultados aqui apresentados. Apesar da taxa de acerto geral ter sido parecida com a do ano anterior, os classificadores estão melhorando o desempenho individual para algumas espécies (denominada de sensibilidade do classificador) e, assim, melhor evidenciando os padrões dos assovios da comunidade de delfinídeos da Bacia de Santos. Conforme mais dados são aportados, espera-se que mais espécies possam ser incluídas e que as espécies já investigadas possam continuar melhorando no seu desempenho.

No geral, os resultados são semelhantes ou superiores a de outros estudos empregando métodos similares para classificação dos assovios (OSWALD et al., 2003, GANNIER et al., 2010; AZZOLIN et al., 2014). A inclusão de novas espécies (a depender do aumento de amostras), a implementação de análises levando em conta variáveis ambientais, a investigação detalhada das diferenças entre as espécies e as variáveis mais importantes, assim como novos ciclos de treinamento dos dados, fazem parte das metas para o aprimoramento no desempenho de novos classificadores de assovios do PMC-BS.

O passo seguinte (após o desenvolvimento de classificadores robustos), seria promover análises voltadas para as detecções acústicas pretéritas de delfinídeos registradas pelo MAP no PMC-BS, mas que não foram confirmadas visualmente. Desta forma, o MAP pode contribuir efetivamente como uma ferramenta complementar para cumprir alguns dos objetivos do PMC-BS, como ampliar o conhecimento sobre a distribuição das espécies, o uso do habitat e os padrões comportamentais de delfinídeos. A família Delphinidae

compõe cerca de 60% das espécies registradas pelo PMC-BS. Conforme os resultados dos classificadores, os dados da SONOTECA do PMC-BS, de forma complementar aos dados de avistagem, têm o potencial de contribuir para um entendimento melhor dos padrões de ocorrência e uso de habitat das espécies, assim como colaborar na avaliação de impactos.

V.4.2.1 Cliques

A maior parte dos cliques de ecolocalização é composta por sons de banda larga, produzidos na faixa ultrassônica (20 - 150 kHz) em sequência regulares pelos odontocetos, e utilizados para navegação, forrageio e exploração do ambiente (AU, 1993).

O principal resultado em relação aos cliques no acumulado do PMC-BS foi a caracterização das espécies consideradas elusivas, principalmente os mergulhadores de águas profundas, como os kogídeos (gênero Kogia, formados por duas espécies: cachalote-anão e cachalote-pigmeu), além dos zifídeos (baleia-bicudas), que são representados por diversas espécies muito pouco conhecidas nas águas do Brasil. Além disso, o cachalote (*Physeter macrocephlaus*) faz parte desta fauna de grandes mergulhadores e produz cliques característicos, dentro da faixa audível (~15 kHz) (MØHL et al., 2003), também detectados nas campanhas do PMC-BS.

Cliques presumidamente de *Pontoporia blainvillei* já foram apresentados em campanhas dos primeiros anos do PMC-BS. Foram apenas duas detecções, porém não houve novas detecções desde então. Quanto aos cliques de delfinídeos, algumas espécies foram investigadas e reportadas em anos anteriores, principalmente membros da família Globichephalinea (ou ‘blackfish’) para investigar o potencial de classificação a partir dos cliques.

Este relatório apresenta em detalhe uma detecção realizada na campanha 9, quando foi avistado um grupo do cachalote-pigmeu (*Kogia sima*) e milhares de cliques foram detectados. O relatório traz ainda o acúmulo de detecções para os outros grupos (zifídeos e cachalote) feitas até o presente. Quanto aos delfinídeos, novas ferramentas de processamento e análise que já estão sendo aplicadas nas análises dos cliques das espécies elusivas serão aplicadas

futuramente para caracterização e classificação de cliques de delfinídeos, de forma similar àquelas realizadas para os assovios.

Cachalote-Anão (*Kogia sima*)

O cachalote-anão (*Kogia sima*) é um representante da família Kogiidae (duas espécies). Até recentemente, apenas uma espécie de Kogia era reconhecida, o cachalote-pigmeu (*Kogia breviceps*), mas, em 1966, uma nova espécie também foi reconhecida, o cachalote-anão (*Kogia sima*) (SHIRIHAI; JARRET, 2006). Por se tratar de um grupo difícil de se observar em campo, a biologia das duas espécies é pouco conhecida. Os cliques de *Kogia* sp. apresentam características distintas de outros odontocetos oceânicos (banda de frequência mais estreita e frequência de pico mais alta) (MADSEN et al., 2005, MERKENS et al., 2018). Este tipo de clique é denominado "*narrow band high frequency*" ou "NHBF". Cliques do tipo NHBF vêm sendo registrado sistematicamente em todas as campanhas do PMC-BS, presumidamente pertencentes ao gênero Kogia. No presente não é possível separar as duas espécies pelos cliques (MERKENS et al., 2018).

No dia 05/10/2019, durante a 9ª Campanha de Avistagem e MAP do PMC-BS, foi feito um registro visual de um grupo de dois indivíduos do cachalote-pigmeu (*Kogia sima*) (**Figura V-144**). Este é o segundo registro visual da espécie nas campanhas de avistagem e MAP, porém foi o primeiro no qual foi possível fazer a detecção conjunta e confirmar a gravação dos cliques detectados pelo MAP como pertencentes à espécie. O áudio original foi reprocessado no detector e classificador de cliques do PAMGUARD (**Figura V-145**). A detecção durou cerca de 15 minutos e foram detectados aproximadamente 3.000 cliques, que foram processados no programa R a fim de extrair os parâmetros para caracterização, conforme mostra o sumário estatístico na **Tabela V-36** (valores de mediana e percentis de 10% e 90%) para os principias descritores dos cliques. Os histogramas da **Figura V-146** ilustram as características observadas. Para comparação, a **Tabela V-36** também apresenta o sumário das características dos cliques das detecções presumidamente de Kogia do acumulado do PMC-BS.

Figura V-144: *Registro fotográfico do cachalote-anão (**Kogia sima**) avistado na 9ª campanha de Avistagem e MAP do PMC-BS e detectado pelos operadores de MAP.*

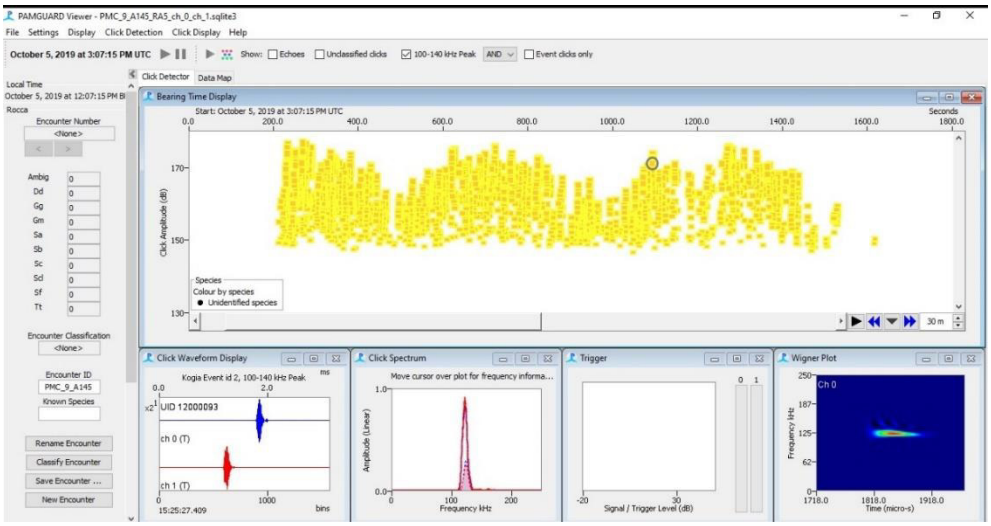


Figura V-145: *Detecção de cachalote-anão (**Kogia sima**) no detector de cliques do PAMGUARD. Os quadrados em amarelos são cliques detectados e classificados como Kogia no PAMGUARD. No eixo x o tempo em segundos (s) e no eixo y o valor de amplitude em decibel relativo (dB).*

Tabela V-36: *Número de amostras, mediana, valores dos percentis de 10% e 90% dos parâmetros descritores de cliques do cachalote-anão (**Kogia sima**) e das detecções presumidamente de Kogia sp. do acumulado do PMC-BS.*

Parâmetro	PMC *Kogia sima*	PMC *Kogia* sp.
Número de Cliques	2.918	1.427
Frequência Pico (kHz)	123,5 (120,3 - 126,3)	126,9 (125,0 - 128, 9)
Largura da Banda - 3dB (kHz)	6,0 (3.9 - 9.9)	7,8 (5,8 - 11,7)
Largura da Banda - 10dB (kHz)	11,9 (7,9 - 17,7)	11,7 (9,7 - 15,6)
Duração (µs)	150 (70,1 - 244,2)	142 (99,2 - 210,0)
Intervalo entre os Cliques* (s)	0,15 (0,03 - 0,18)	0,15 (0,09 - 0,19)

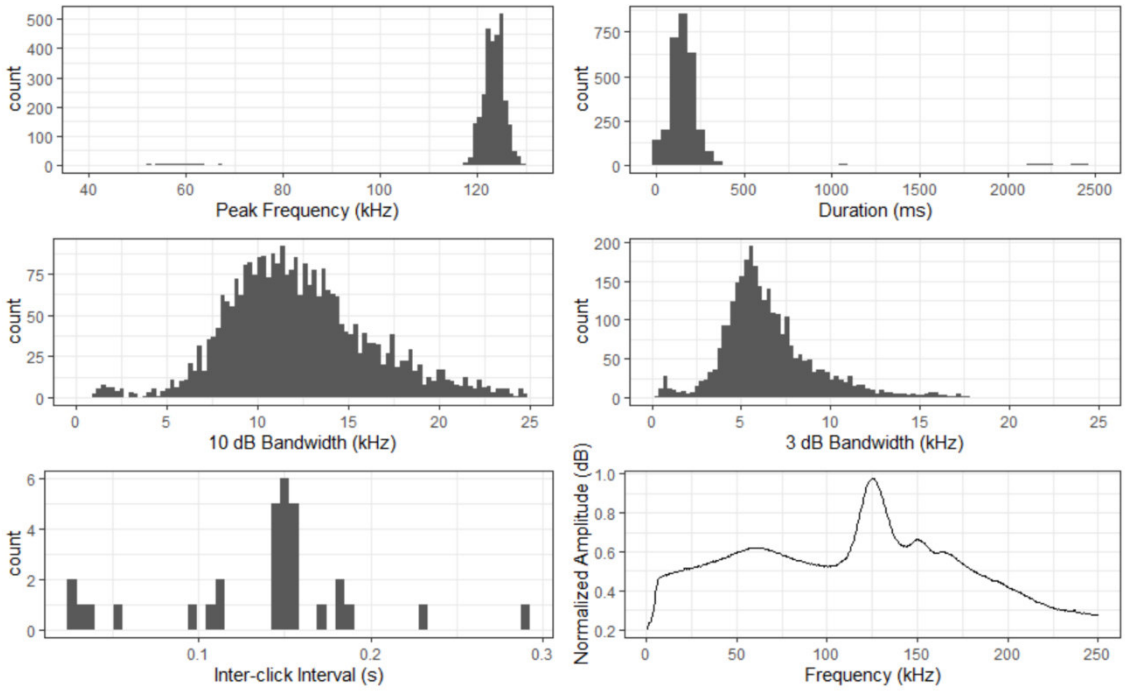


Figura V-146: *Histogramas mostrando a frequência pico (kHz), duração (ms), largura da banda -10dB (kHz), largura da banda -3dB (kHz), intervalo entre os cliques (ms) e média do espectro dos cliques do cachalote-pigmeu (**Kogia sima**) registrado pelo PMC-BS.*

Estes resultados mostram que os cliques de *Kogia sima* são muitos semelhantes aos cliques atribuídos aos kogídeos em campanhas anteriores. Notavelmente, a mediana de parâmetros de intervalo entre cliques e a largura da banda em -10dB foram iguais, já a largura da banda em -3dB foi um pouco mais estreita e a frequência pico um pouco mais baixa (123 kHz), mas no geral são cliques muito semelhantes ao de *Kogia* sp. registrado pelo PMC-BS em outras ocasiões.

Estes dados são relevantes pois trazem novas informações sobre os cliques de uma espécie pouca conhecida. Ainda, com base na descrição destes cliques, é possível confirmar mais de 20 outras detecções (n = 21) similares de kogídeos feitos pelo MAP nas águas oceânicas da Bacia de Santos, informações estas que não poderiam ser coletadas por outros métodos. Isso mostra que o MAP pode contribuir significativamente para o conhecimento destes cetáceos que são aparentemente comuns, mas muitas vezes ignorados em função da dificuldade de observação no seu ambiente natural.

Zifídeos (Família Ziphiidae)

O total das campanhas do PMC-BS atribuiu 11 detecções acústicas aos zifídeos. Dois novos registros foram feitos neste último ano (campanhas 08 e 09). Apesar de os cliques de zifídeos serem facilmente reconhecidos pelas suas características (pico de energia na banda entre 30 - 50 kHz e modulação de frequência ascendente) (**Figura V-147**), a identificação no nível específico exige uma análise mais detalhada (BAUMANN-PICKERING et al., 2013).

Em anos anteriores, as tentativas e dificuldades de classificação das espécies de zifídeos foram reportadas, principalmente por causa do número amostral de cliques muito baixo. Cada detecção (encontro acústico) representa um grupo de zifídeo com incertezas sobre a espécie. Agrupar todas estas detecções para caraterização e classificação pode levar a conclusões errôneas. A dificuldade foi o fato de que em cada detecção acústica de zifídeo, apenas poucos cliques foram detectados (no máximo algumas dezenas por grupo), o que não permite uma classificação confiável. Os registros feitos neste

último ano mostraram o mesmo padrão, portanto, novamente a amostra pequena não permitiu fazer inferências a respeito das espécies de zifídeos detectadas.

Para tentar contornar esta limitação, foram feitas tentativas de diminuir a velocidade da embarcação quando detectados cliques de zifídeos, mas ainda assim pouco cliques foram detectados. Os zifídeos são espécies elusivas até mesmo no comportamento acústico. Os dados de DTAG feitos com a espécie mostram que durante os mergulhos profundos os cliques de ecolocalização só começam a ser produzidos na descida para o fundo, a cerca de 300m de profundidade, e não são produzidos durante a subida ou na superfície (TYACK, 2006). Pode ser que melhores resultados de detecção de cliques sejam obtidos. desligando a embarcação e aguardando no ponto. No entanto, os transectos das campanhas de Avistagem e MAP são planejados para o modo passagem, evitando que sejam feitas paradas longas durante o monitoramento.

Os transectos das campanhas de Avistagem e MAP do PMC apontam que, na média, uma detecção de zifídeo foi feita por campanha. Portanto, os zifídeos não são um grupo raro, como seria interpretado apenas com os dados de avistagem. Porém, sabendo da dificuldade de se observar estes animais, combinada com a frequência de detecções acústicas dos zifídeos nas campanhas de Avistagem e MAP do PMC-BS, pode-se dizer que, assim como os kogídeos, os zifídeos não são raros na Bacia de Santos.

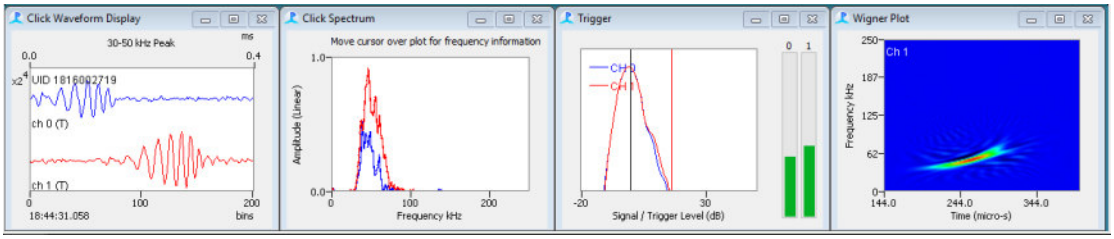


Figura V-147: *Clique de um zifídeo detectado no PAMGUARD pelo PMC-BS.*

Cachalote (*Physeter macrocephalus*)

O cachalote (*Physeter macrophalus*), apesar de ser um grande mergulhador, não é uma espécie considerada elusiva. Por vezes, pode ser observada por períodos de horas na superfície (WHITEHEAD; WEILGART,1991), além disso, o borrifo é visível e característico (SHIRIHAI; JARRET, 2006).

Os cliques do cachalote estão em bandas de frequências médias (15 kHz) (**Figura V-148**) e se propagam por distâncias maiores que os cliques ultrassônicos de outros odontocetos (MØHL et al., 2003). As detecções de cachalote do PMC-BS somam 50 no acumulado, porém são uma miscelânea de detecções de diferentes qualidades e tipos de cliques (cliques de ecolocalização e cliques lentos), que vão desde de uma qualidade muito baixa (cliques fracos e distantes) até detecções de cliques fortes e consistentes. Na campanha 9, por exemplo, apenas duas detecções tiveram boa qualidade, já o restante das detecções foi pouco aproveitável, como sequências curtas dos chamados “cliques lentos” (MADSEN et al., 2002). A campanha 10 teve três detecções de boa qualidade, com duas delas permitindo a confirmação visual.

Os dados de acústica de cachalote foram utilizados nos primeiros anos do PMC-BS para estimativa de densidade. Juntamente com as novas detecções de boa qualidade que vêm sido registradas, estes dados serão revisitados e uma nova estimativa de densidade dos cachalotes está sendo planejada para o próximo ano.

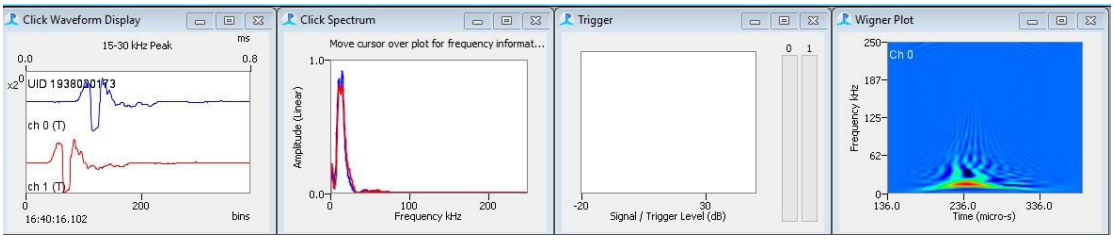


Figura V-148: *Clique de cachalote detectado no PAMGUARD pelo PMC-BS.*

V.4.2.2 Processamento dos dados do PMPAS-BS

Como parte do planejamento de interação entre os projetos PMC-BS e o PMPAS-BS (Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos), as duas equipes e gestores dos projetos realizaram diversas reuniões e discussões a partir do segundo semestre de 2019 sobre a revisão e processamento dos dados acústicos de cetáceos coletados pelo PMPAS-BS.

O PMPAS-BS tem como objetivo a caracterização da paisagem acústica submarina e o monitoramento do nível de ruído submarino na Bacia de Santos e nas rotas de navegação preferenciais da região. O projeto descreve e avalia ruídos antropogênicos por meio de medições acústicas por equipamentos fixos (observatórios submarinos e linhas de fundeio) e móveis (veículo de navegação autônoma do tipo “glider” e perfiladores acústicos de livre deriva). Outro objetivo do PMPAS-BS está relacionado com a aplicação dos dados coletados para subsidiar estudos e pesquisas sobre a biota marinha e possíveis impactos da exploração do polo pré-sal da Bacia de Santos.

Já foram disponibilizados pelo PMPAS-BS os dados de 8 campanhas dos gliders (campanhas C01 a C03 e C05 a C09), realizadas no período de novembro de 2015 a janeiro de 2017. Este relatório apresenta os resultados descritivos de eventos de biofonia (o componente dos sons biológicos no contexto da paisagem acústica) nas medições acústicas feitas em cinco campanhas de gliders.

Métodos

O repositório do SisPMC disponibiliza trechos de um minuto de registros de sons de cetáceos, detectados com o auxílio do detector de assovios e grunhidos do PAMGUARD, conforme material apresentado pelo PMPAS-BS (PETROBRAS, 2020). Os dados do PMPAS-BS foram fornecidos em planilhas de esforço, coordenadas geográficas e profundidade do glider, assim como também uma tabela com o sumário das detecções. Cada registro contém o número do mergulho do glider, a data e hora inicial e final, observações sobre o tipo de sinal e o número de eventos detectados para cada tipo de sinal, indicando as quantidades de assovios, gemidos e grunhidos. Após a análise

das amostras de 1 min, podem ser solicitados os trechos completos das detecções para uma avaliação mais completa.

De acordo com os registros reportados pelo PMPAS-BS para as cinco campanhas já analisadas, em 122 mergulhos do glider foram registrados eventos de biofonia. Estes sons foram classificados como gemidos e grunhidos, que são sons tonais e pulsados de baixa frequência associados aos misticetos, além dos assovios, que são sons tonais de frequências médias e altas associados aos odontocetos. Esses registros foram considerados como detecções ou encontros acústicos, podendo conter mais de um tipo de sinal, ser de uma única espécie ou de mais de uma espécie (múltiplos táxons).

A validação manual foi feita analisando amostras de 1 minuto para cada uma das detecções identificadas pelo PMPAS-BS. Os trechos foram examinados de forma aural e visual no programa RAVEN 1.5. O objetivo foi inspecionar os espectrogramas e verificar as características dos sinais presentes a fim de validá-los e classificá-los ao menor nível taxonômico possível, utilizando o procedimento implementado para a Sonoteca do PMC-BS como metodologia padrão.

Uma planilha com os dados e metadados foi preenchida para catalogação das detecções no banco de dados do PMC-BS. Sempre que vocalizações de diferentes tipos eram verificadas, possivelmente pertencentes a diferentes táxons, uma nova linha na planilha foi inserida e considerada, e foi tratada como uma nova detecção. As informações da planilha estão descritas abaixo:

Planilha PMC_PMPAS – GLIDER

- Registro - número sequencial do banco de dados do PMC
- Campanha - número da campanha do glider
- Mergulho - número do mergulho do glider
- ID arquivo áudio - nome do arquivo de áudio fornecido
- Data do registro
- Hora Inicial/Horário Final Registro – horário inicial e final conforme tabela de detecções fornecida
- Horário Arquivo - horário do arquivo de 1 minuto analisado
- Profundidade – informação na planilha de esforço do glider fornecida.

- Latitude/Longitude - coordenadas geográficas. Informação na planilha de esforço do glider fornecida.
- Profundidade – profundidade do local
- Grupo Taxonômico - conforme padrão PMC
- Múltiplos Táxons - (sim), quando há mais de um táxon reconhecido no arquivo e (não), quando um único táxon foi reconhecido
- Tipo de Sinal - conforme padrão de nomenclatura do PMC
- Taxa de Ocorrência - conforme padrão PMC
- Força do Sinal - conforme padrão PMC
- Revisor - técnico responsável pela revisão
- Comentários - comentários gerais que descrevem o registro

Resultados

O processamento dos dados referentes a 5 campanhas de gravação com glider (C1, C2, C3, C5, C6), realizadas entre 2015 e 2016, totalizaram 150 amostras de um minuto de duração, detalhadas na **Tabela V-37**.

Tabela V-37: *Sumário das detecções acústicas (n=150) de 5 campanhas de gravação com uso de glider do PMPAS-BS, indicando o número das campanhas, o número de mergulhos, o período de gravação e o número de amostras por campanha.*

Campanha	Número de mergulhos	Período de gravação	Número de amostras
C1	33	12/nov a 17/dez/2015	39
C2	1	21/jan/2016	1
C3	14	02/fev a 08/abr/2016	42
C5	39	08/jul a 18/ago/2016	64
C6	35	19/ago a 15/set/2016	54
Total	**122**	**12/nov/2015 a 15/set/2016**	**150**

Registros associados à biofonia foram encontrados em todas as detecções acústicas assinaladas pelo PMPAS-BS. Durante o processamento, diversas detecções apresentaram mais de um tipo de sinal no trecho assinalado. A inserção dessas emissões na planilha aparece como outra detecção em uma

nova linha, a fim de registrar no banco de dados a presença de diferentes sinais referentes a grupo taxonômicos diferentes.

A espécie predominante nas amostras foi a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), identificada em 57 detecções (31,3% do total). Sons associados à subordem Misticeti, ocorreram em 56 (30,8%), sendo o segundo táxon de maior detecção. A família Delphinidae foi identificada em 50 detecções (27,5%), enquanto os sons atribuídos à subordem Odontoceti foram registrados em 13 detecções (7,1%). O cachalote (*Physeter macrocephalus*) foi identificado em 6 detecções (3,3%) (**Figura V-149**).

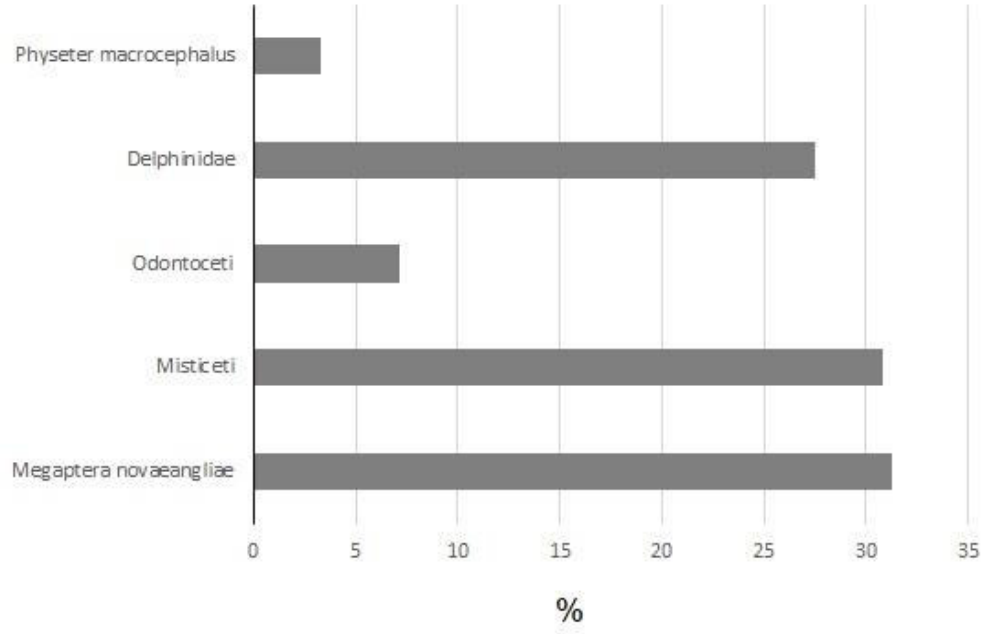


Figura V-149: *Frequência de ocorrência (%) dos táxons identificados em 182 detecções de cetáceos no PMPAS-BS.*

A **Tabela V-38** apresenta um sumário das detecções de cetáceos do PMPAS-BS, cujas informações estão incluídas no banco de dados de acústicos do PMC-BS, destacando o número de detecções por táxon.

Tabela V-38: *Sumário das detecções acústicas de cinco campanhas de glider do PMPAS-BS, indicando o número de detecções acústicas separadas por táxons. Detecções simultâneas de diferentes táxons foram consideradas separadamente.*

Táxon	**Nº de Detecções**
Baleia-jubarte (*M. novaeangliae*)	57
Misticeti	56
Delphinidae	50
Odontoceti	13
Cachalote (*P. macrocephalus*)	6
Total	182

Para verificar a ocorrência de múltiplos táxons nas detecções, foram excluídos os registros de delfinídeos, uma vez que todo encontro acústico de golfinhos tem o potencial de conter sons de grupos mistos de espécies, sendo necessária uma confirmação visual para a validação do dado. Por isso, a ocorrência de um contexto acústico com múltiplas espécies pode ser maior do que a apresentada na **Figura V-150**, que registra 57,4% de detecções com múltiplos táxons e 42,6% com apenas um táxon na gravação.

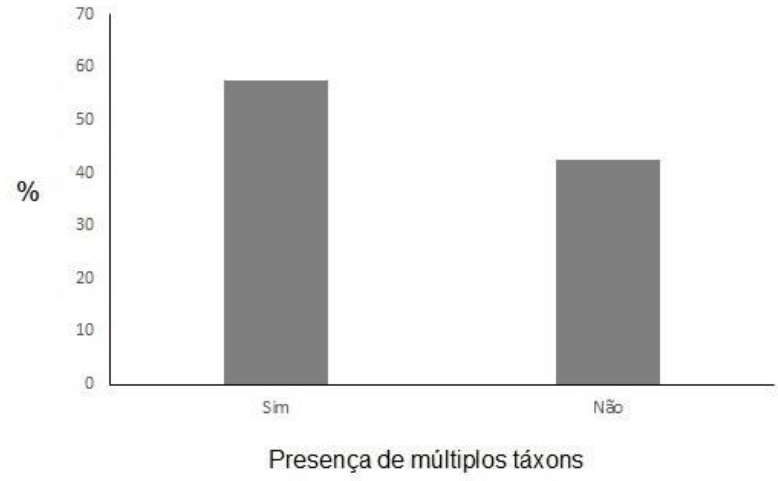


Figura V-150: *Frequência de ocorrência de múltiplos táxons (excluindo os delfinídeos) nas detecções acústicas registradas por glider na Bacia de Santos.*

As detecções foram separadas entre dia e noite, segundo o horário de gravação no glider, sendo que ocorreram mais detecções noturnas (n=105, 58%), comparando com o período diurno (n=77, 42%) (**Figura V-151**).

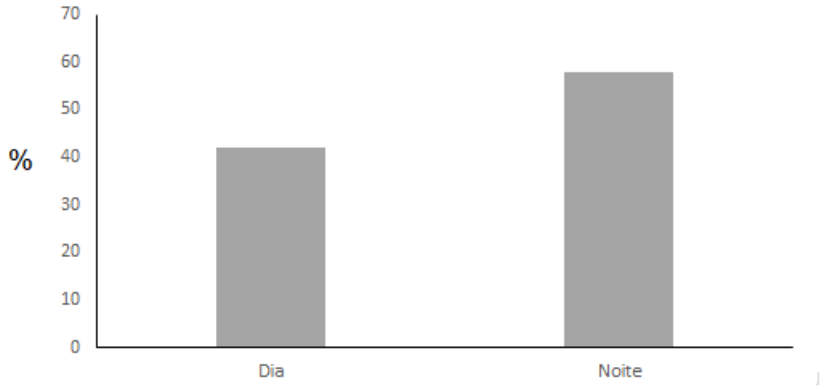


Figura V-151: *Frequência de ocorrência (%) das detecções acústicas de cetáceos registradas por glider durante o ciclo diário (dia/noite).*

Em relação à profundidade das detecções do glider, os dados apresentaram uma grande variação, com o registro mínimo de 0,1 m atribuído à Delphinidae (C01_010_S_N_40a_151113_092230) no valor máximo de 947 m, atribuído ao som de um misticeto (C01_033_N_S_17m+90m_151116_001220). A **Tabela V-39** apresenta os valores mínimos e máximos das profundidades registradas por cada táxon. Cerca de 44% das detecções foram registradas em uma faixa de profundidade entre 0 a 300m, enquanto 27% entre 301-600m, e 28% a mais de 600 metros de profundidade (**Figura V-152)**. É válido lembrar que o glider recebe as vocalizações independente da profundidade onde o animal estava.

Tabela V-39: *Sumário das detecções acústicas de cinco campanhas de glider do PMPAS-BS, indicando os táxons registrados e os valores mínimos e máximos de profundidade de gravação do glider.*

Táxon	**Profundidade (m) (min – máx)**
Baleia-jubarte (*M. novaeangliae*)	1 - 900
Misticeti	1 - 947

Táxon	Profundidade (m) (min – máx)
Delphinidae	0,1 - 942
Odontoceti	54 - 911
Cachalote (*P. macrocephalus*)	48 - 854
Variação Total	0,1 - 947

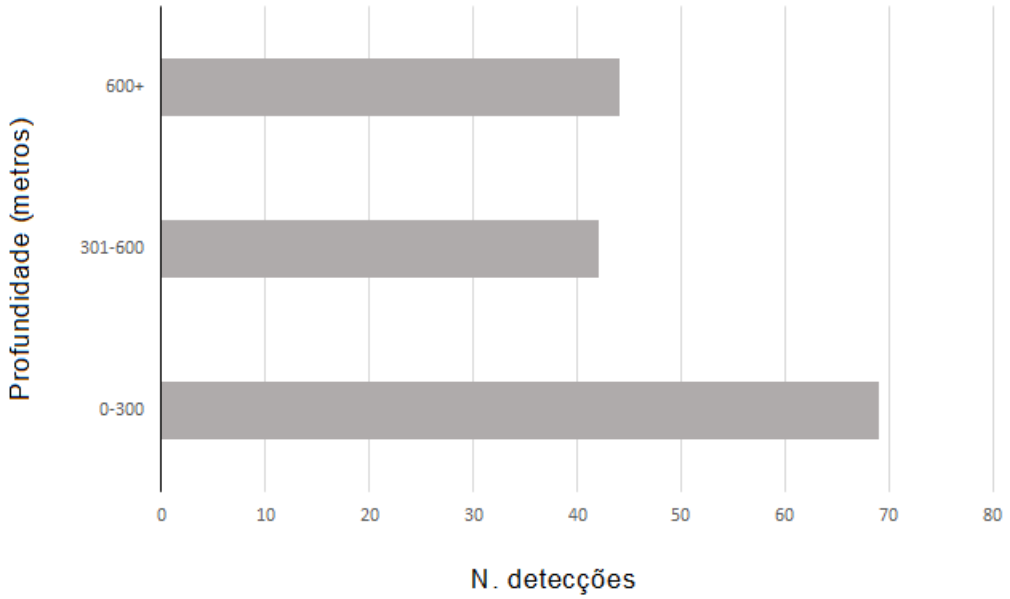


Figura V-152: *Número de detecções acústicas do glider por intervalos de profundidade (metros).*

A **Figura V-153** apresenta o mapa de distribuição das detecções acústicas analisadas. Registros de mergulho do glider em áreas entre 200 e mais de 2.000 metros de profundidade ilustram a presença de todos os táxons em áreas mais afastadas da costa. Os misticetos em geral, incluindo as baleias jubartes, concentraram-se na faixa entre 200 e 2.000, apesar de ocorrerem em menor número em áreas acima de 2.000 metros. Odontocetos, incluindo os delfinídeos e cachalote, apresentaram uma distribuição mais dispersa, com apenas o cachalote (6 detecções) sendo registrado na zona mais profunda (acima de 2.000 metros)

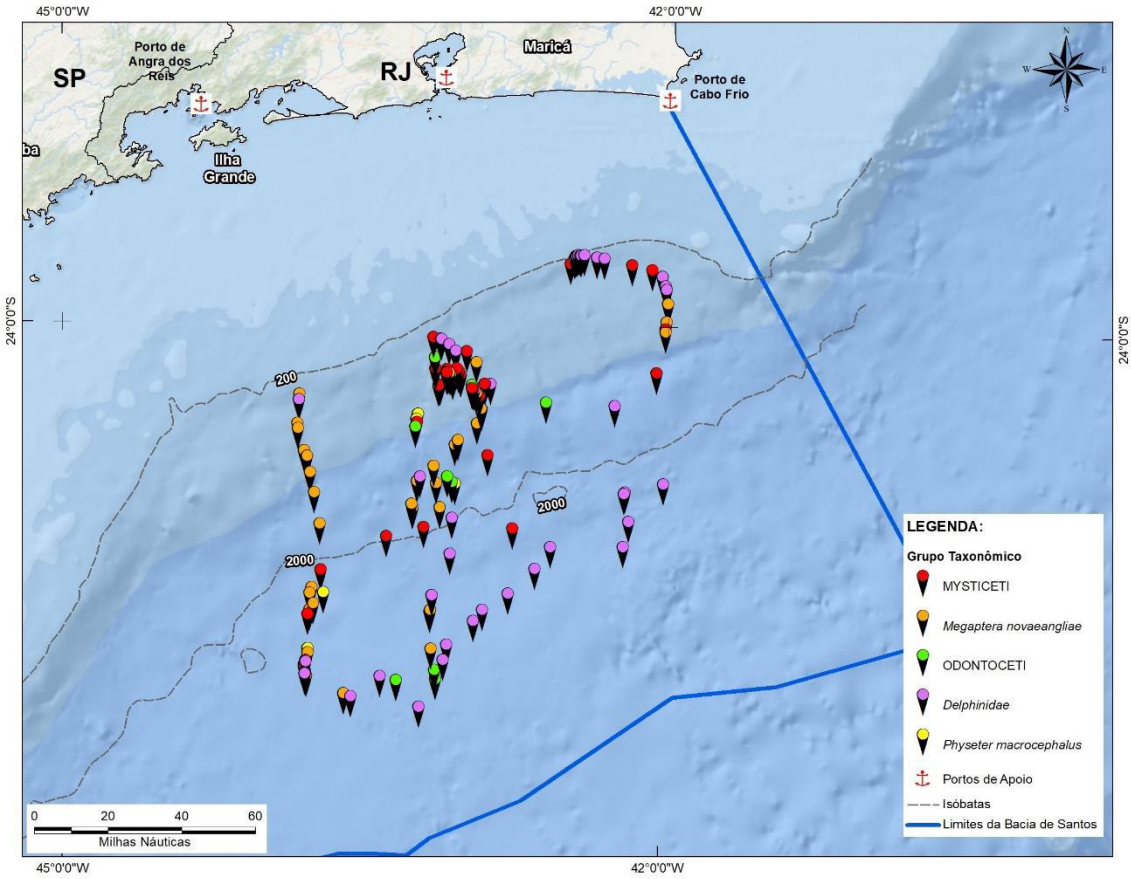


Figura V-153: *Distribuição das detecções acústicas de grupos taxonômicos de cetáceos registrados por glider do PMPAS-BS na Bacia de Santos.*

Todas as detecções de baleia jubarte foram basicamente compostas por notas isoladas e repetidas (**Figura V-154**), diferente do padrão conhecido como “canto”, que é composto de diversas notas que se combinam e se modificam com o tempo (PAYNE; MCVAY, 1971; PAYNE; PAYNE, 1985). Este tipo de som identificado é muito semelhante ao padrão descrito na literatura como *social sounds* (sons sociais) (TYACK, 1983; DUNLOP et al., 2007). Estes sons são geralmente produzidos em áreas de migração, como trechos da costa da Austrália (DUNLOP et al., 2007; RECALDE-SALAS et al., 2020), onde as baleias estão de passagem para áreas de reprodução. Os sons sociais também podem ser produzidos por fêmeas (DUNLOP et al., 2008) e até mesmo por filhotes (ZOIDIS et al., 2008), diferente do comportamento de canto dos machos da espécie.

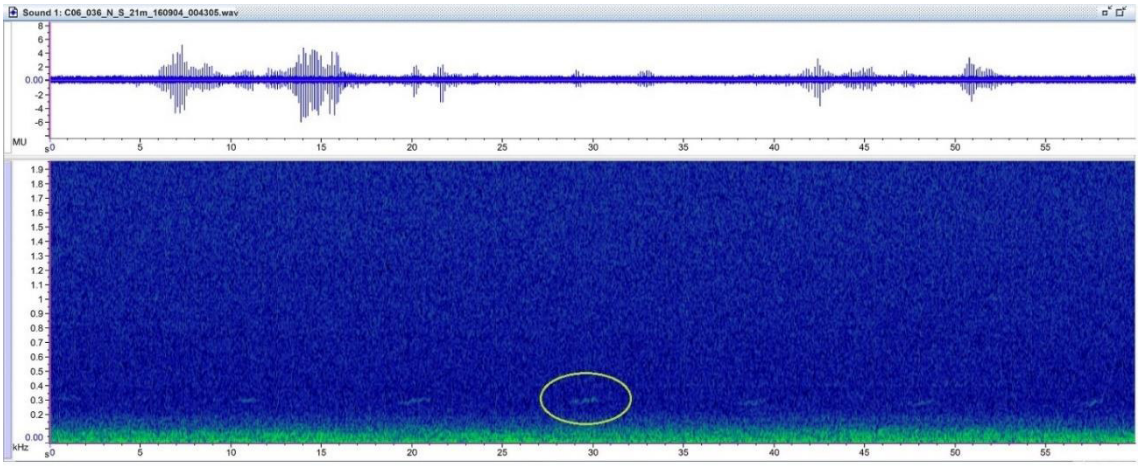


Figura V-154: *Sequência de notas isoladas da baleia-jubarte (**Megaptera novaeangliae**), com uma nota indicada pelo círculo verde. Extraída do trecho C06_036_N_S_21m_160904_004305.*

A família Delphinidae foi identificada pela ocorrência de assovios, cliques de ecolocalização e sons pulsados explosivos, com utilização de uma ampla faixa de frequência, ultrapassando os 60 kHz (**Figura V-155**).

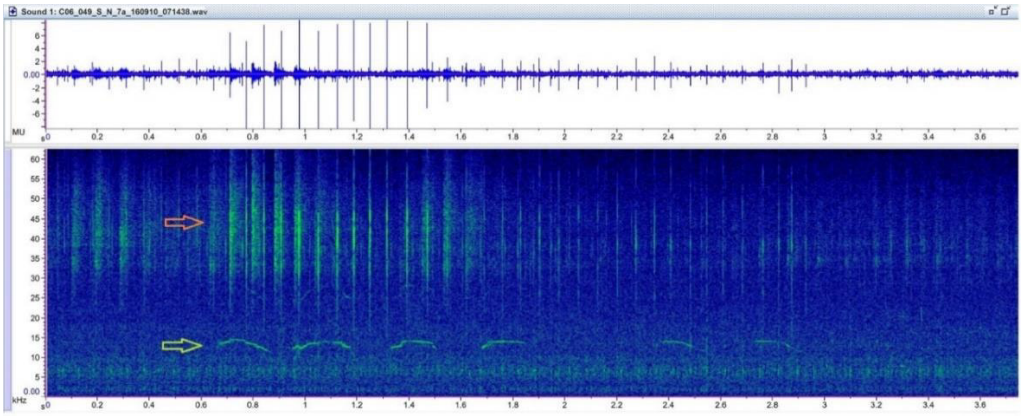


Figura V-155: *Detecção acústica da família Delphinidae, com a ocorrência de assovios (indicados pela seta verde) e cliques de ecolocalização (indicados pela seta laranja). Extraída do trecho C06_049_S_N_7a_160910_071438.*

Sons associados à subordem Misticeti, identificados em 25 detecções, foram classificados como grunhidos ou gemidos (**Figura V-156**). Estes sons

são diferentes dos sons emitidos pela baleia jubarte e serão estudados em detalhes em uma segunda etapa das análises dos dados do PMPAS-BS.

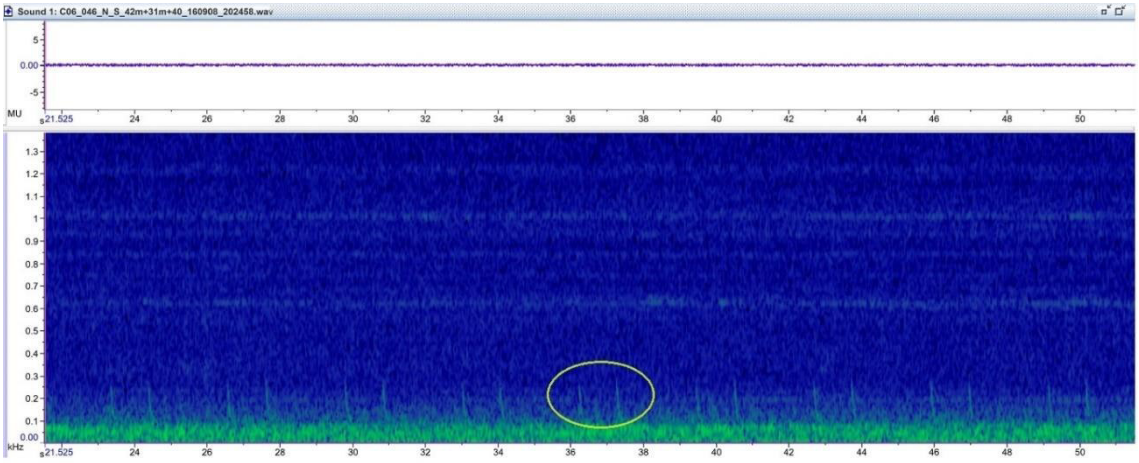


Figura V-156: *Detecção acústica da subordem Misticeti, apresentando sons conhecidos como grunhidos ou gemidos, com um exemplo indicado pelo círculo verde. Extraída do trecho C06_046_N_S_42m+31m+40_160908_202458.*

Os sons atribuídos à subordem Odontoceti foram aqueles que continham apenas cliques de ecolocalização (**Figura V-157**).

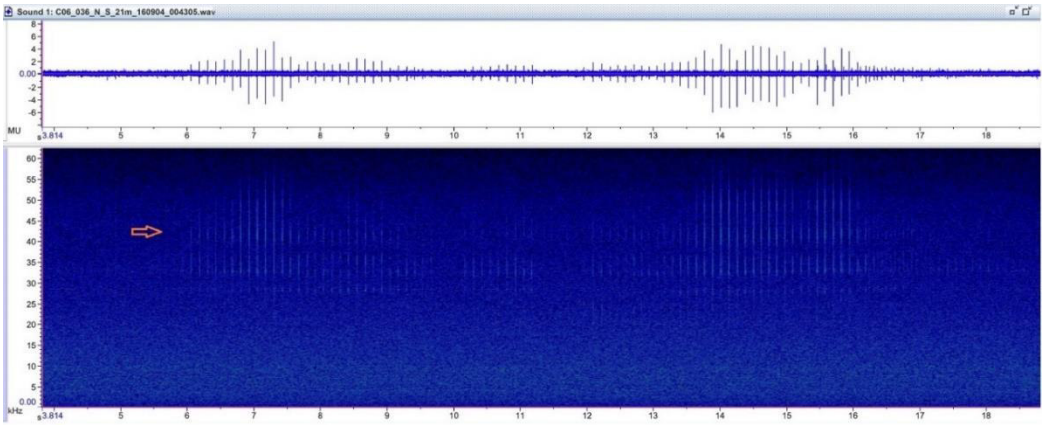


Figura V-157: *Detecção acústica da subordem Odontoceti, com a ocorrência de cliques de ecolocalização (indicados pela seta laranja). Extraída do trecho C06_036_N_S_21m_160904_004305.*

O cachalote (*Physeter macrocephalus*) foi identificado pelos padrões de cliques de ecolocalização, que ocupam uma ampla faixa de frequência e apresentam intervalos entre pulsos longos, característicos da espécie (**Figura V-158**).

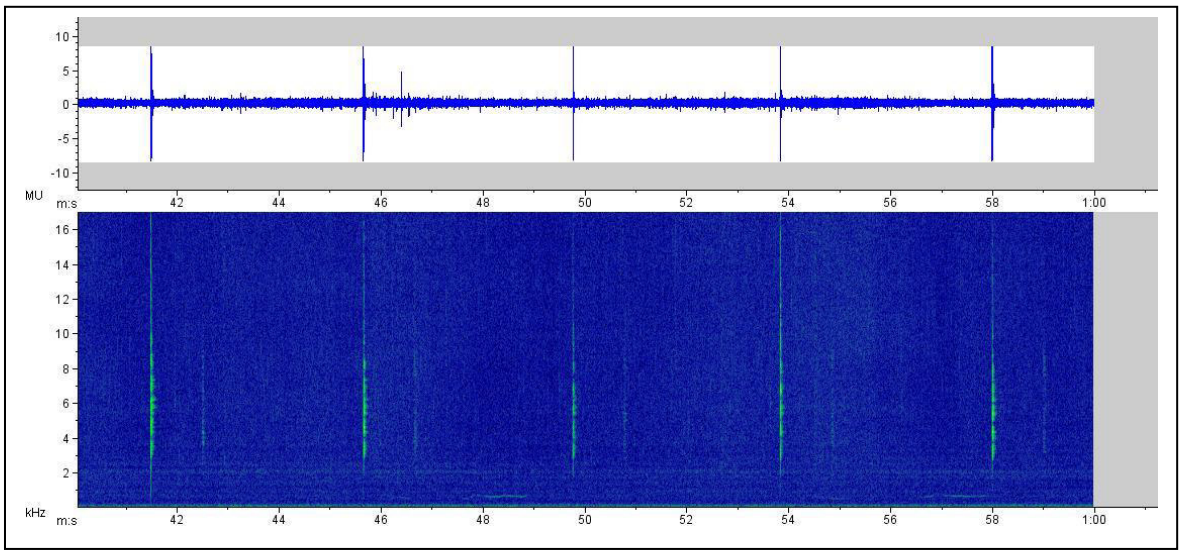


Figura V-158: *Detecção acústica do cachalote (**Physeter macrocephalus**), com a ocorrência de cliques de ecolocalização com longo intervalo entre pulsos. Extraída do trecho C05_019_N_S_4m_160718_183458.*

O contexto acústico envolvendo múltiplos táxons foram basicamente de ocorrência da baleia jubarte e de algum odontoceto (**Figura V-159**) ocupando faixas de frequência distintas.

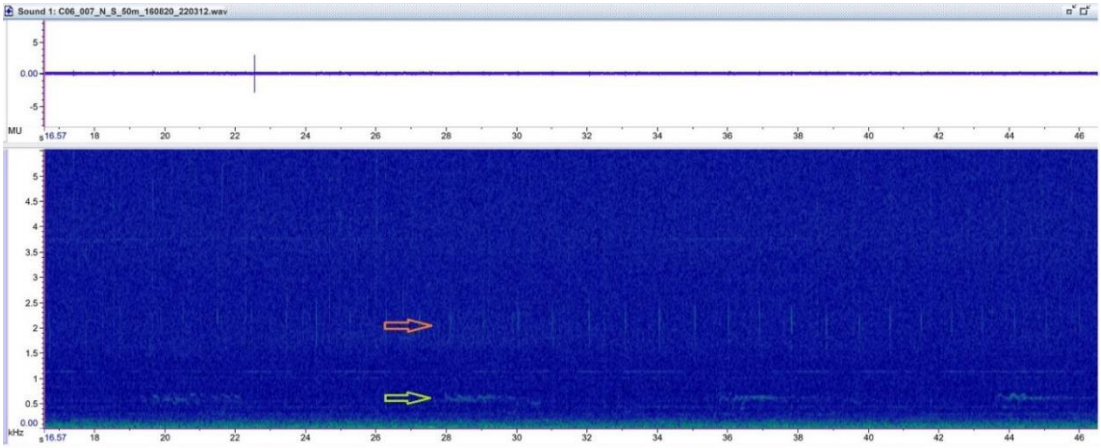


Figura V-159: *Detecção acústica com múltiplos táxons registrados, de um som classificado como nota isolada de baleia jubarte (indicado pela seta verde) e uma cadeia de cliques de ecolocalização (indicado pela seta laranja). Extraída do trecho C06_007_N_S_50m_160820_220312.*

Discussão sobre dados acústicos do PMPAS

Os dados do PMPAS-BS foram pré-selecionados com o detector de sons tonais do programa PAMGUARD e analisados segundo o procedimento da Sonoteca do PMC-BS. A validação das detecções acústicas atribuídas aos cetáceos demonstra que este procedimento pode ser adequado para uma primeira abordagem aos dados. Entretanto, como este é um detector generalizado, pode ser menos acurado. Neste sentido, detectores customizados podem apresentar uma maior eficiência para a identificação de espécies (BAUMGARTNER; MUSSOLINE, 2011; BAUMGARTNER; LIN, 2019), podendo aumentar o número de detecções nos dados do PMPAS-BS. Este ponto de melhoria já está sendo discutido com a equipe do PMPAS-BS.

Constatou-se que as detecções de cetáceos ocorreram em uma ampla faixa de profundidade, desde a superfície até regiões mais profundas, indicando que os sons deste grupo se propagam por todas as profundidades.

A espécie predominante nas amostras foi a baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), identificada em 56 detecções (31% do total). A ocorrência de sons sociais foi um resultado interessante, podendo indicar a Bacia de Santos como área de passagem das baleias a caminho do Nordeste do Brasil. Sons

de fêmea com filhote da espécie já foram reportados para a Bacia de Campos (SIMÃO; MOREIRA, 2002) e podem reforçar a ocorrência dos sons sociais, conforme descrito por Tyack (1983) e Dunlop et al. (2007). Os dados sobre a presença da baleia jubarte ao longo do tempo, com um período incluindo múltiplos anos, podem trazer informações importantes sobre o tempo (*timing*) de migração da espécie na costa brasileira, descrevendo seu tempo de chegada e partida, como demonstram outros estudos de paisagem acústica em escalas temporais (HEENEHAN et al., 2019).

Sons associados à subordem Misticeti ocorreram em 56 (30,8%), sendo este o segundo táxon de maior ocorrência. Isto demonstra uma das vantagens do uso de equipamentos moveis, como o glider, que não geram ruídos nas baixas frequências, assim como embarcações, possibilitando que este tipo de som seja gravado sem sobreposição de motores se comparado a um sistema acústico rebocado, como o MAP do PMC-BS. Aliado a isto, o repertorio acústico das grandes baleias, com exceção da baleia jubarte, ainda é pouco conhecido em todo o Oceano Atlântico Sul, gerando um potencial para o refinamento destas análises em busca do menor nível taxonômico, para gênero ou espécie.

A família Delphinidae apresentou um extenso uso da faixa acústica, conforme já descrito pela Sonoteca do PMC-BS em 5 anos de monitoramento. Estes sons variam desde cerca de 2 kHz até mais de 60 kHz na faixa ultrassônica. A diversidade de espécies da família, bem como a diversidade de habitat que ocupa, pode justificar o grande número de detecções na amostra do PMPAS-BS.

Os sons atribuídos à subordem Odontoceti, compostos pelos cliques de ecolocalização, registrados em 13 detecções (7,1%), podem representar espécies elusivas importantes na comunidade de cetáceos, como as baleias bicudas, que produzem basicamente este tipo de som pulsado, mas também espécies de delfinídeos, que fazem grandes mergulhos, tal como a baleia-piloto.

A presença do cachalote (*Physeter macrocephalus*) foi registrada em 6 detecções. O padrão distintivo dos cliques da espécie apresenta um potencial para o desenvolvimento de detectores específicos. Esse baixo número de

ocorrência da espécie pode estar relacionado com a área explorada nos mergulhos dentro da amostra enviada pelo PMPAS-BS. A análise de ocorrência da espécie em uma amostra temporal maior poderá contribuir com os dados do PMC-BS sobre o conhecimento do comportamento acústico e uso de habitat desta espécie ameaçada na Bacia de Santos.

Uma característica importante notada nos dados do PMPAS-BS diz respeito à qualidade dos áudios, sendo que, pela falta de ruídos propulsores, como os motores de embarcação, resultam em espectrogramas mais claros. Isso facilita a detecção do som biológico de interesse e maximiza a taxa ruído/sinal (*signal to noise ratio*), gerando dados complementares ao método do MAP rebocado empregado pelo PMC-BS. A abordagem complementar dos métodos de glider e MAP rebocado permite ampliar as informações sobre comportamento acústico dos cetáceos bem como aspectos do seu uso de habitat, como área de ocorrência, profundidade, ciclo diário e ocorrência de múltiplos táxons na mesma paisagem acústica.

Cerca de 60% dos registros de cetáceos ocorreram à noite, evidenciando um comportamento ativo durante esse período. Estudos anteriores reportaram um intenso comportamento acústico de golfinhos, como *Sotalia guianensis* em Cananeia (DECONTO; MONTEIRO-FILHO, 2014) e *Stenella attenuata* no Havaí (BAIRD et al., 2001). Em monitoramento acústico no mar Mediterrâneo, Dede et al. (2014) também constaram a maior ocorrência de sons de odontocetos no período noturno. Para misticetos, Doniol-Valcroze et al. (2011) demonstraram que estratégias de mergulho estão associadas com a profundidade local e disponibilidade do alimento, ocorrendo tanto de dia como de noite, buscando otimizar o forrageamento.

As detecções acústicas em profundidades variáveis, apesar de não refletirem diretamente a localização exata dos animais, expressa um uso de habitat variado. No conjunto de amostras analisado, os mergulhos foram feitos entre 200 e mais de 2000 metros de profundidade. Entretanto, as detecções ocorreram desde a superfície até regiões profundas, evidenciando o amplo uso acústico da coluna d'água na Bacia de Santos. Os resultados de telemetria do presente relatório reforçam a predominância dos cetáceos nesta faixa de profundidade.

Com o aprimoramento dos classificadores para a identificação de espécies de odontocetos nos dados do PMC-BS ao longo de cinco anos, existe um potencial de aplicação para os dados do PMPAS-BS, como para os cliques de *P. macrocephalus* e membros da família Ziphidae. Dentre os delfinídeos, podem-se destacar os assovios de alguns golfinhos maiores, como *S. bredanensis*, espécie que mais se diferenciou nas análises do PMC-BS, além de outras mais distintivas, como *Orcinus orca* e *Globicephala* sp.

A correlação entre avistagens visuais em dias simultâneos aos mergulhos do glider poderia contribuir para a probabilidade de identificação de espécies, de maneira a atender parte dos objetivos gerais dos dois projetos sobre o aumento do conhecimento da comunidade de cetáceos na Bacia de Santos e o potencial impacto antropogênico derivado das atividades de exploração do polo pré-sal. A ocorrência de múltiplos táxons em 57% das detecções, potencialmente mais com os delfinídeos, também contribui para conhecer como a comunidade de cetáceos vem utilizando o ambiente acústico da região.

Futuros esforços serão desenvolvidos para catalogar os dados de todas as campanhas dos gliders executadas pelo PMPAS-BS, bem como dos dados obtidos por meio das linhas de fundeio instrumentadas e observatórios submarinos, e análises mais detalhadas para a classificação das espécies detectadas, focando inicialmente nas detecções de grunhidos e gemidos atribuídos aos misticetos.

V.5 Estado de Saúde e Grau de Contaminação

V.5.1 Análise de lesões de pele

De acordo com o teor do último relatório anual, as lesões de pele observadas em cetáceos durante o PMC-BS foram separadas em 13 categorias, adaptadas de Wilson et al. (1999) (**Tabela V-40**).

Tabela V-40: *Categorias de lesões de pele observadas durante o PMC-BS e descrição.*

Categorias	Descrição
Nódulos multifocais	Elevações de variados tamanhos, normalmente arredondados, de etiologia desconhecida
Ferida aberta	Lesões oriundas de interação intraespecífica ou etiologia desconhecida; lesões de origem antrópica e de tubarão-charuto não são consideradas
Lesão erosiva arredondada	Lesões arredondadas multifocais ou focais, deprimidas sem ter inflamação aparente
Manchas avermelhadas	Manchas avermelhadas, bem delimitadas
Manchas esbranquiçadas	Área extensa com descoloração em relação à pele normal ou esbranquiçada, sem contorno bem-definido
Lesões esbranquiçadas	Manchas esbranquiçadas arredondadas, únicas ou multifocais
Deformidade	Deformação em que não é possível saber a causa, podendo ser congênito ou adquirido
Lesões semelhantes a poxvírus	Lesões bem-delimitadas, de halo de coloração enegrecida, e centro de coloração esbranquiçada ou enegrecida, dependendo do estágio da doença
Lesões semelhantes a lobomicose	Lesões verrucosas esbranquiçadas ou rosadas, com relevo pronunciado e com ulceração
Mutilações ou interação antrópica	Cortes bem delimitados em nadadeiras dorsais que tenham retirado parte significativa da nadadeira; cortes paralelos em pedúnculo ou dorso com distância simétrica compatível com colisões com embarcações

Categorias	Descrição
Lesões de tubarão-charuto	Marcas de tubarão-charuto, cicatrizadas recentes ou em processo de cicatrização
Lesões de úlceras	Lesões arredondadas de centro mais deprimido que a borda, circunscrita única, multifocal e multifocal a coalescente
Lesões inespecíficas	Diversos tipos de lesões que não se enquadram em nenhum dos itens acima

A **Tabela V-41** apresenta, para todos os ciclos de forma acumulada, a prevalência (%) de lesões (e mutilações) entre os indivíduos identificados (independentemente da categoria de lesão). Nota-se uma tendência de estabilização nas prevalências para aquelas espécies com maior número de indivíduos identificados. Entre os misticetos, destaque para *Balaenoptera brydei*, que teve mais da metade dos registros (66%) com algum tipo de lesão. Para odontocetos, nota-se, em geral, uma baixa prevalência de lesões, variando de 10% em *Stenella frontalis* a 30% em *G. griseus.*

Tabela V-41: *Prevalência acumulada de lesões epidérmicas (ou mutilações) entre os indivíduos identificados, por espécie e ciclo do PMC-BS. *espécies com muitas identificações.*

Espécie	Ciclos									
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
B. musculus	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50
B. physalus	0	28	42	56	56	56	56	73	73	71
B. borealis	0	23	23	23	12	12	20	20	44	45*
B. brydei	60	50	55	43	52	57	57	64	67	66*
B. acutorostrata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. bonaerensis	0	0	0	0	66	66	66	66	67	80
M. novaeangliae	0	0	0	0	5	5	7	15	16	8*
P. macrocephalus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K. sima	0	0	0	0	0	0	0	100	100	50
Z. cavirostris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O. orca	0	0	0	0	0	0	0	6	16	17
Globicephala sp.	0	0	22	22	22	22	50	48	53	53*

Espécie	Ciclos									
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
P. crassidens	0	0	0	0	0	0	0	18	18	18
F. attenuata	0	0	0	0	100	12	12	15	15	15
P. electra	0	0	0	0	0	18	18	12	12	12*
S. guianensis	16	16	16	16	14	14	11	10	10	17*
S. bredanensis	0	0	0	0	0	4	14	8	13	11*
G. griseus	0	5	5	3	3	11	13	26	26	30*
T. truncatus	15	13	13	11	10	13	13	15	17	17*
S. attenuata	50	25	25	25	20	25	20	15	13	13
S. frontalis	50	6	3	5	3	3	5	7	9	10*
S. longirostris	0	10	10	10	7	9	10	9	11	12*
S. clymene	0	0	0	0	11	21	21	26	26	26
Delphinus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
L. hosei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
P. blainvillei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A **Tabela V-42** apresenta a ocorrência de cada tipo de lesão por espécie. Nota-se que *Balaenoptera borealis*, *Balaenoptera brydei*, *Megaptera novaeangliae, Tursiops truncatus* e *Stenella frontalis* e *Globicephala* sp. continuam exibindo a maior diversidade de tipos de lesão até o momento. *Globicephala* sp. e *Tursiops truncatus* têm o maior número total de lesões. As lesões mais frequentes até o momento foram as lesões inespecíficas (25% do total), de tubarão- charuto (26%), e lesões esbranquiçadas (18%). Lesões antrópicas, como mutilações, foram observadas em 17 registros (7%) em 7 espécies diferentes; 14 lesões semelhantes a poxvírus foram observadas (6%) em 10 espécies; lesões semelhantes a lobomicose (1%) foram bem pouco frequentes, ocorrendo apenas 3 casos em *Tursiops truncatus* (**Tabela V-42**).

Tabela V-42: *Ocorrência de cada tipo de lesão epidérmica por espécies, considerando apenas indivíduos fotoidentificados, acumulando todos os ciclos do PMC-BS (NM – nódulos multifocais; FA – ferida aberta; LA – lesão erosiva arredondada; MV – mancha avermelhada; ME – mancha esbranquiçada; LE – lesões esbranquiçadas; DF – deformidades físicas (malformação); PX – lesões semelhantes a poxvírus; LB – lesões semelhantes a lobomicose; AT – mutilações ou antrópica; TC – lesões de tubarão-charuto; LU – lesões de úlceras; IN – lesões inespecífica). *espécies em que a classificação de lesões se encontra em andamento.*

Espécie	Tipo de lesão													Total	%
	NM	FA	LA	MV	ME	LE	DF	PX	LB	AT	TC	LU	IN		
B. musculus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	**1**
B. physalus	0	1	0	0	1	3	0	2	0	0	9	0	1	17	**7**
B. borealis	0	0	0	0	2	3	2	2	0	0	8	0	1	18	**7**
B. brydei	1	0	5	0	1	4	0	2	0	1	2	0	4	20	**8**
B. acutorostrata	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	**1**
B. bonaerensis	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	**1**
M. novaeangliae	1	0	0	1	7	5	0	0	0	0	2	0	5	21	**8**
P. macrocephalus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
O. orca	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4	**2**
Globicephala sp.	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	7	0	25	38	**15**
P. electra	2	0	0	0	0	4	0	1	0	2	7	0	8	23	**9**
L. hosei	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	**0**
P. crassidens	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	**0**
F. attenuata	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	**0**
G. griseus	1	0	0	0	0	6	0	1	0	0	4	0	4	16	**6**
S. guianensis	0	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	5	**2**
S. bredanensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3	**1**
T. truncatus	1	5	0	0	4	1	0	0	3	7	1	0	10	32*	**13**
S. attenuata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	**2**
S. frontalis	1	0	0	0	1	2	0	1	0	2	0	2	14	23*	**9**
S. longirostris	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	4	0	3	10	**4**
S. clymene	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	4	**2**
Delphinus sp.	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	**1**
P. blainvillei	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Total	12	11	6	1	17	36	2	14	3	17	56	2	76	252	
%	**5**	**4**	**2**	**0**	**7**	**14**	**1**	**6**	**1**	**7**	**22**	**1**	**30**		

A **Figura V-160** a **Figura V-172** apresentam alguns exemplos de lesões e suas descrições mais comuns ocorrentes ao longo do PMC. No geral, as lesões observadas são de etiologia desconhecida ou processos de cicatrização. Algumas merecem destaque, por se tratar de provável interação direta ou indireta com atividades antrópicas. Por exemplo: uma *B. brydei* com grandes cicatrizes no dorso causadas provavelmente por uma hélice de uma embarcação bimotor durante um atropelamento (**Figura V-160**); um *T. truncatus* com a nadadeira dorsal parcialmente mutilada por um fio de nylon ainda preso no animal, resultado de uma interação com aparato de pesca (**Figura V-161**); e um *Steno bredanensis* também com mutilação provável por rede de pesca (**Figura V-162**). Lesões de mutilação foram observadas esparsamente em outras espécies, como em *Sotalia guianensis e Stenella frontalis,* porém, sem causa determinada.

Nos últimos dois ciclos não foram realizados novos registros de mutilações. Embora a frequência dessas lesões não seja alta, considerando o potencial letal, um acompanhamento próximo se faz necessário para inferir mais acuradamente sobre a contribuição de interações interespecíficas diretas, como emalhamentos em redes de pesca ou colisões com embarcação, na mortalidade ou no estado de saúde dos indivíduos.

Destaque também para a ocorrência de lesões semelhantes a poxvírus em *Balaenoptera borealis, Balaenoptera brydei, Balaenoptera physalus*, *Peponocephala electra, Stenella clymene, Stenella frontalis, Stenella longirostris* (**Figura V-163**). Nos últimos dois ciclos, ocorreram registros em *Grampus griseus, Delphinus sp.* (**Figura V-164**) *e Orcinus orca* (**Figura V-165**). Poxvírus apresentam uma ampla gama de hospedeiros específicos: desde o vírus da varíola, que infecta o homem, ao vírus da vaccínia, que infecta várias espécies de mamíferos (MCFADDEN 2005).

O poxvírus atualmente identificado em cetáceos foi nomeado temporariamente de *cetacean poxvirus* (CePV), sendo registrado pela primeira vez na década de 70, em *Tursiops truncatus* (GERACI et al. 1979). Posteriormente foi encontrado em várias espécies de odontocetes e

mysticetes, embora até o momento, não se tenham registros, nem mesmo de lesões semelhantes, em *Balaenoptera brydei, Stenella clymene, Peponocephala electra* e *Grampus griseus*. Para *Balaenoptera physalus* uma recente determinação molecular confirmou a infecção pelo vírus (MELERO et al. 2005). Para *Megaptera novaengliae*, recentemente, com base em registros fotográficos, foi observada alta prevalência de lesões semelhantes a poxvirus em uma subpopulação migratória da espécie no Golfo de Omã (VAN BRESSEM et al. 2014).

Pouco se sabe sobre o papel de fatores ambientais no desenvolvimento, severidade e epidemiologia dessa doença, ainda que se sugira uma possível relação com contaminantes imunossupressores e/ou situações de estresse crônico. Os dados clínicos e epidemiológicos indicam que o vírus não causa mortalidade, porém possa afetar significativamente indivíduos sem proteção imunológica (VAN BRESSEM et al. 2009).

Também vem chamando atenção uma interação interespecífica não humana: ao menos 15 espécies apresentaram lesões de prováveis mordidas de tubarão-charuto (*Isistius brasiliensis*) (**Figura V-166**). Para algumas espécies, entre elas *Stenella attenu*ata e *Stenella longirostris*, mordidas de tubarão-charuto foram consideradas a *causa mortis* de infantes (SOUTO et al. 2007). A prevalência dessas lesões foi maior em espécies de hábitos mais oceânicos, coerente com a distribuição de *Isistius brasiliensis*, que ocorre principalmente em águas oceânicas quentes e próximas a ilhas (**Tabela V-42**).

Outra interação interespecífica que chamou a atenção nos últimos ciclos se deu com *Xenobalanus globicipitis,* uma craca epibionte obrigatória exclusiva de baleias e golfinhos, registrada em pelo menos 34 espécies de cetáceos de regiões tropicais e temperadas (KANE et al., 2008). Apesar de referida como parasita, elas não se alimentam do hospedeiro, embora em abundância possam afetar a hidrodinâmica, mobilidade e fisiologia do animal (BEARZI; PATONAI, 2010). Condições ambientais, em especial temperatura, podem estar associadas com a prevalência dessa craca (URIAN et al. 2019).

No PMC-BS, os primeiros registros de *Xenobalanus globicipitis* ocorreram nas campanhas do segundo semestre de 2017, porém com um aumento significativo de prevalência em 2018 e 2019 (**Figura V-167**). Foram

fotoidentificados **119** indivíduos de **13** espécies diferentes (1 *Balaenoptera brydei*, 1 *Delphinus* sp., 1 *Feresa attenuata*, 1 *Globicephala* sp., 3 *Grampus griseus*, 7 *Orcinus orca*, 4 *Pseudorca crassidens*, 5 *Sotalia guianensis*, 1 *Stenalla attenuata*, 19 *Stenalla frontalis*, 1 *Stenalla longirostris*, 18 *Stenella bredanensis* e 57 *Tursiops truncatus*) com a presença de *Xenobalanus globicipitis* na nadadeira dorsal.

Outras lesões, como nodulares e cicatrizes são exemplificadas abaixo, embora a etiologia seja comumente desconhecida (**Figura V-168 a Figura V-172)**. No geral, nota-se que as prevalências de lesões foram baixas ou se mantiveram estáveis ao longo dos 5 anos de monitoramento. Os registros crescentes de *Xenobalanus globicipitis,* no entanto, mostram que eventuais surtos ou alterações nos padrões até aqui observados de ocorrência de lesões podem ser capturados pelos registros de fotoidentificação.

Figura V-160: *Lesões antrópicas, provável colisão com embarcação, em* ***Balaenoptera brydei****. Registro em 18/02/2017 (-23,84662; -45,22770).*

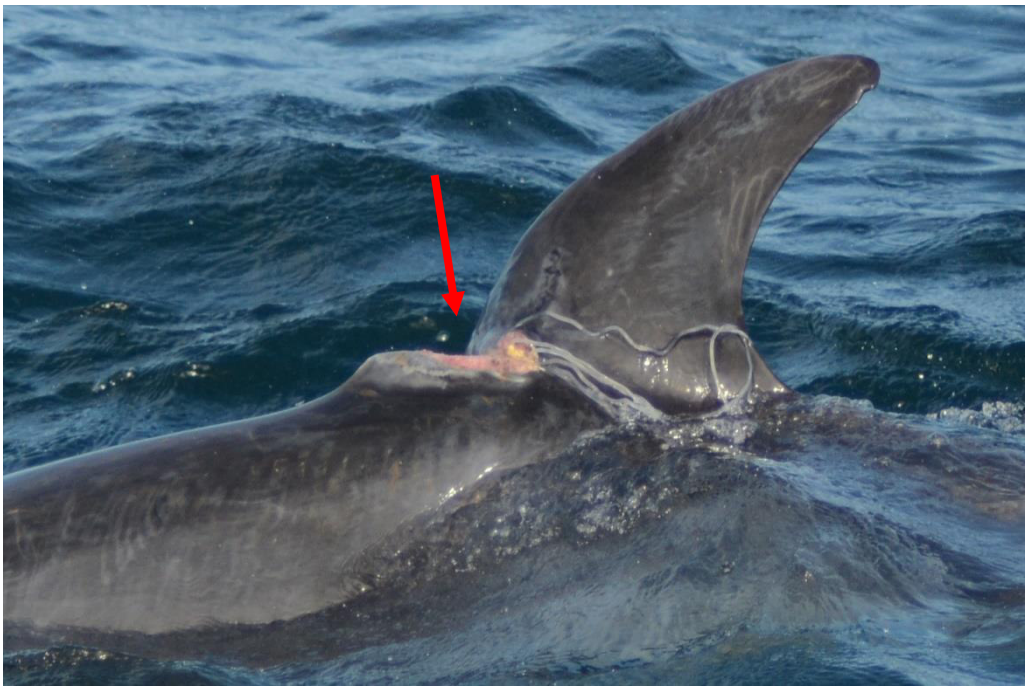


Figura V-161: *Lesões antrópicas, provável petrecho de pesca, em* ***Tursiops truncatus****. Registro em 20/07/2017 (-22,81966; -41,83288).*

Figura V-162: *Lesões antrópicas, provável petrecho de pesca, em* ***Steno bredanensis****. Registro em 01/02/2019 (-23,02725; -42,92193).*

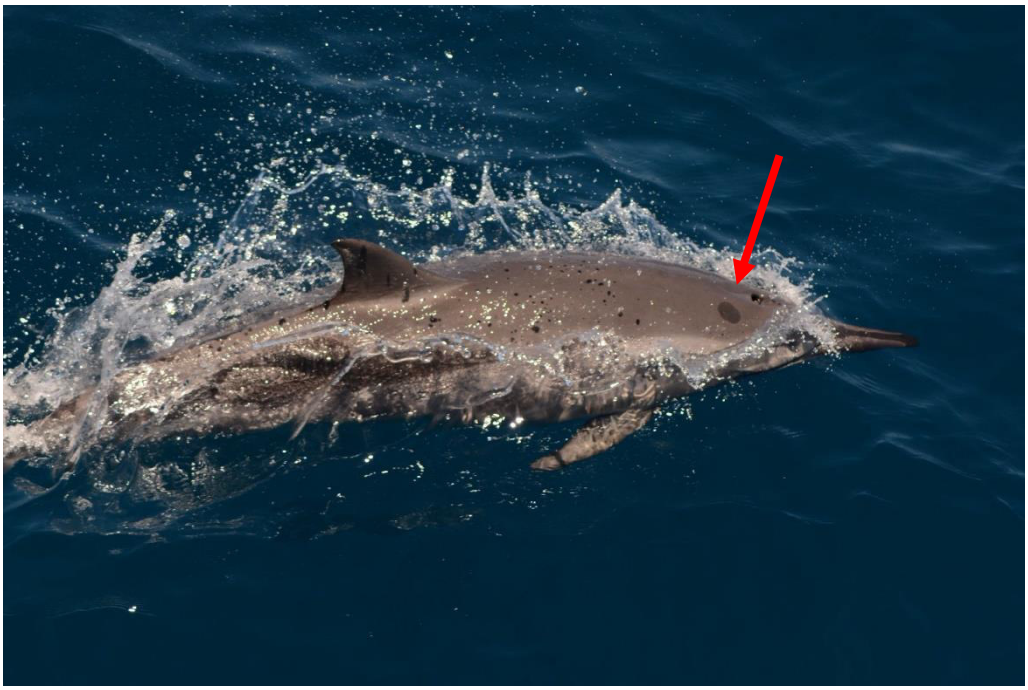


Figura V-163: *Lesão similar a poxvírus, arredondada e bem delimitada, em* ***Stenella longirostris****. Registro em 08/02/2018 (-24,26010; -43,86865).*

Figura V-164: *Lesões semelhantes a poxvirus em* ***Delphinus*** *sp. Registro em 19/01/2020 (-24,34083; -46,27022).*

Figura V-165: *Lesões semelhantes a poxvirus em* ***Orcinus orca****. Registro em 25/08/2019 (-27,77251; -46,69611).*

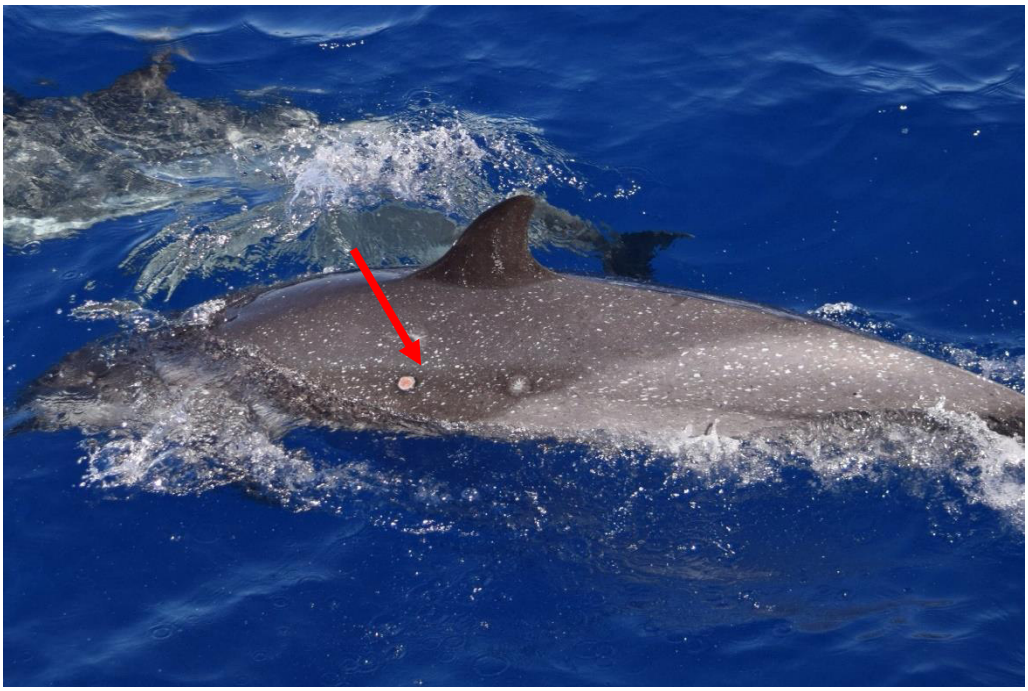


Figura V-166: *Marcas de tubarão-charuto em* ***Stenella attenuata****. Registro em 22/09/2018 (-24,39348; -43,00130).*

***Figura V-167: Xenobalanus globicipitis** em **Orcinus orca**. Registro em 19/01/2019 (-23,7394; -45,09275).*

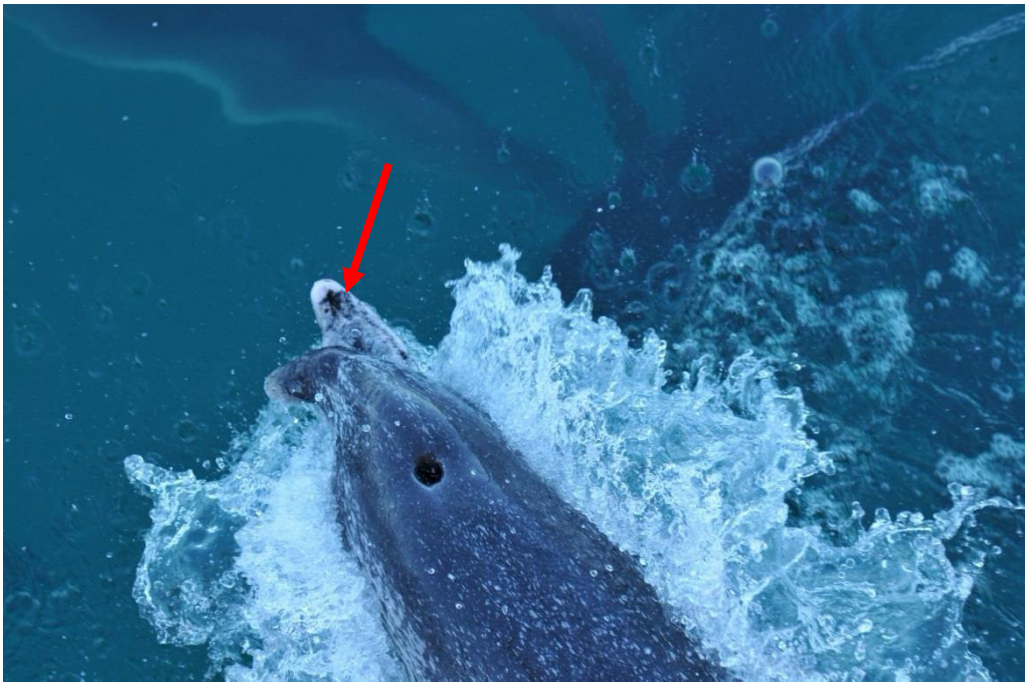


***Figura V-168:** Deformação, provavelmente congênita ou adquirida em **Stenella frontalis**. Registro em 25/07/2017 (-23,47333; -44,85064).*

Figura V-169: *Nódulos multifocais de etiologia desconhecida em* ***Pseudorca crassidens****. Registro em 16/03/2019 (-26,29788; -46,71944).*

Figura V-170: *Manchas esbranquiçadas, sem contorno bem-definido em* ***Megaptera novaeangliae****. Registro em 28/07/2018 (-23,06892; -43,33486).*

Figura V-171: *Mancha esbranquiçada (provável interação antrópica) em* ***Balaenoptera acutorostrata****. Registro em 10/03/2020 (-25,76944; -46,42222).*

Figura V-172: *Lesão esbranquiçada e bem-delimitada em* ***Globicephala*** *sp. Registro em 22/09/2018 (-24,39348; -43,00130).*

V.5.2 Análises de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPA

Foram analisados HPA em 172 amostras de biópsias de tecido adiposo de cetáceos, vinte espécies no total, coletadas através do lançamento de dardos nos animais durante cruzeiros de avistagem na Bacia de Santos (**Tabela V-43**). As 172 amostras foram extraídas de 91 machos, 80 fêmeas e 1 animal com sexo não determinado.

Nas amostras analisadas, as concentrações totais dos 38 HPA analisados variaram entre menor que o limite de detecção (LD: entre 0,1 e 0,6 ng g^{-1}) e 3054 ng g^{-1} em peso úmido (pu).

Tabela V-43: *Relação das espécies onde foram analisados HPA nas amostras de biópsia (n amostral, número de machos e número de fêmeas)*

Espécie	n amostral	n macho	n fêmea
Balaenoptera bonaerensis	2	2	0
Balaenoptera borealis	11	7	4
Balaenoptera brydei	7	1	6
Balaenoptera musculus	2	0	2
Balaenoptera physalus	1	1	0
Delphinus delphis	3	1	2
Delphinus sp.	1	0	1
Eubalaena Australis	1	1	0
Globicephala macrorhynchus	6	4	2
Globicephala sp.	3	3	0
Megaptera novaeangliae	18	13	5
Orcinus orca	4	4	0
*Peponocephala electra**	5	1	3
Physeter macrocephalus	1	0	1
Stenella attenuata	1	0	1
Stenella clymene	1	1	0
Stenella frontalis	45	29	16
Stenella longirostris	16	2	14
Steno bredanensis	9	2	7
Tursiops truncatus	35	19	16
Total	172	91	80

* 1 indivíduo com sexo indefinido

Em 121 amostras (70%) foram encontrados HPA em concentração superior ao limite de quantificação do método analítico (LQ: entre 5,6 e 9,0 ng g^{-1} pu), sendo 67 amostras de machos, 53 de fêmeas e em 1 animal com sexo indeterminado.

Das 121 amostras em que houve quantificação de HPA, em 112 o naftaleno foi o HPA predominante, sendo que em 56 dessas amostras o naftaleno foi o único HPA detectado. Além do naftaleno, o fenantreno, o fluoranteno e o pireno foram os HPA com maior destaque.

As concentrações de HPA encontradas nas biópsias de cetáceos coletadas na Bacia de Santos podem ser consideradas relativamente baixas (mediana = 24 ng g^{-1} pu) considerando-se as concentrações para cetáceos apresentadas nas revisões bibliográficas realizadas por SANSEVERINO e MENICONI (2014, 2015) e por BÍCEGO et al. (2018), onde foram reportadas concentrações de total de 14 HPA variando entre 199 e 198.000 ng g^{-1} pu em amostras de biópsia de tecido adiposo de cetáceos. Contudo, nesses trabalhos avaliados na revisão de literatura, os organismos com as maiores concentrações de HPA nas biópsias (198.000 ng g^{-1} pu) foram relacionados à derrames de petróleo (MARSILI et al., 2001, 2002).

De forma geral, as concentrações elevadas de HPA em amostras de biópsia de mamíferos marinhos reportadas nos trabalhos descritos na literatura, mesmo nos casos associados aos derrames de óleo, foram obtidas utilizando detector de fluorescência, que é uma técnica analítica que não permite a confirmação de identidade do composto quantificado, ou seja, não é uma técnica específica para HPA e sujeita a interferências. Dessa forma a comparação das concentrações de HPA obtidas utilizando técnicas não específicas, como fluorescência, com as reportadas no presente trabalho devem ser vistas com cautela.

Na **Tabela V-44** são apresentados os intervalos das concentrações de HPA nas amostras de biópsia de tecido adiposo em cada espécie. No **Anexo V.5.2-1** são apresentadas a identificação e detalhes das amostras de cetáceos analisadas assim como os resultados das análises de HPA.

Tabela V-44: *Intervalo de concentração de HPA nas amostras de cetáceos – PMC: total de HPA, somatório de HPA leves, somatório de HPA pesados e percentual de naftaleno. Concentrações em peso úmido (ng g^{-1}).*

Espécie / Intervalo de concentração	nº de indivíduos	nº de amostras com HPA	ΣHPA (ng g^{-1})	ΣHPA leves (ng g^{-1})	ΣHPA pesados (ng g^{-1})	Naftaleno* (%)
Balaenoptera bonaerensis	2	0	<LD	<LD	<LD	-
Balaenoptera borealis	11	8	<LD – 1709	<LD – 1636	<LD – 73	33 – 100
Balaenoptera brydei	7	2	<LD – 28	<LD – 28	<LD – 28	100
Balaenoptera musculus	2	1	<LD – 11	<LD – 11	<LD	100
Balaenoptera physalus	1	1	383	366	16	82
Delphinus delphis	3	1	<LD – 7	<LD – 7	<LD	100
Delphinus sp.	1	1	11	11	<LD	100
Eubalaena Australis	1	1	47	47	<LD	68
Globicephala macrorhynchus	6	6	8 – 42	8 – 42	<LD	32 – 100
Globicephala sp.	3	3	23 – 33	23 – 33	<LD	100
Megaptera novaeangliae	18	11	<LD – 781	<LD – 758	<LD – 31	62 – 100
Orcinus orca	4	3	<LD – 51	<LD – 51	<LD	100
*Peponocephala electra**	5	2	<LD – 21	<LD – 21	<LD	100
Physeter macrocephalus	1	0	<LD	<LD	<LD	-
Stenella attenuata	1	0	<LD	<LD	<LD	-
Stenella clymene	1	1	28	28	<LD	68
Stenella frontalis	45	30	<LD – 57	<LD – 57	<LD – 16	36 – 100
Stenella longirostris	16	15	<LD – 453	<LD – 274	<LD – 190	27 – 100
Steno bredanensis	9	9	11 – 2174	11 – 1980	<LD – 130	53 – 100
Tursiops truncatus	35	26	<LD – 3054	<LD – 2600	<LD – 301	17 – 100

Concentrações em peso úmido
LD = 0,6 ng g^{-1}

*Considerando apenas as amostras em que houve detecção de HPA
HPA leves = 2-3 anéis aromáticos
HPA pesados = 4-6 anéis aromáticos

Nas espécies *Balaenoptera bonaerensis* (n = 2), *Physeter macrocephalus* (n = 1), *Stenella attenuata* (n = 1) não foram detectados HPA.

Para as espécies *Balaenoptera physalus*, *Delphinus* sp., *Eubalaena australis* e *Stenella clymene* apenas uma amostra de biópsia, de cada espécie, foi analisada. Nas biópsias dessas espécies as concentrações totais de HPA quantificados foram, respectivamente, 383; 11; 47; e 28 ng g^{-1} pu. Em todas elas, o naftaleno foi o HPA predominante.

Nas amostras de biópsia de *Balaenoptera borealis,* foram quantificados HPA em 8 das 11 amostras analisadas. A concentração máxima encontrada foi de 1709 ng g^{-1} pu. Nas amostras onde a concentração foi superior ao LQ, houve predominância de HPA leves (2 e 3 anéis aromáticos), com destaque para o naftaleno como HPA predominante. Observou-se uma tendência de maiores concentrações de HPA nos machos em relação às concentrações encontradas nas fêmeas, contudo o n amostral não é suficiente para aplicação de um teste estatístico visando avaliar se as diferenças são significativas.

Nas amostras de biópsia de *Balaenoptera brydei* foram quantificados HPA em 2 das 7 amostras analisadas. As concentrações totais de HPA encontradas nas duas amostras foram de 28 e 13 ng g^{-1} pu. Em ambas, esse total equivale apenas ao naftaleno, único HPA com concentração superior ao LQ.

Das duas amostras de biópsia de *Balaenoptera musculus* analisadas, em apenas uma houve quantificação de HPA, 11 ng g^{-1} pu (100% de naftaleno).

Das três amostras de biópsias analisadas da espécie *Delphinus delphis*, em apenas uma houve quantificação de HPA, 7 ng g^{-1} pu (100% de naftaleno).

Nas 6 amostras de biópsias de *Globicephala macrorhynchus* foram quantificados HPA, a concentração total variou entre 8 e 42 ng g^{-1} pu e em apenas uma amostra o naftaleno não foi o HPA predominante. Para as biópsias de *Globicephala* sp. foram quantificados HPA nas 3 amostras analisadas, a concentração total variou entre 23 e 33 ng g^{-1} pu (100% de naftaleno).

Nas biópsias de *Megaptera novaeangliae* foram quantificados HPA em 11 das 18 amostras analisadas. Nessas amostras, as concentrações variaram entre 11 e 781 ng g^{-1} pu e o naftaleno foi o HPA predominante em todas elas. As concentrações nos machos foram superiores às encontradas nas fêmeas, contudo o n amostral não é suficiente para aplicação de um teste estatístico visando avaliar se essas diferenças observadas são significativas.

Quatro amostras de biópsia *de Orcinus orca*, todas retiradas de machos, foram analisadas e em três delas foram quantificados HPA. As concentrações variaram entre 19 e 51 ng g^{-1} pu e o naftaleno foi o HPA predominante.

Em duas das cinco amostras de *Peponocephala electra* analisadas foram quantificados HPA, com concentrações de 10 e 21 ng g^{-1} de naftaleno em pu.

Stenella frontalis foi a espécie com maior número de amostras analisadas, 45 no total. Em 30 amostras foram quantificados HPA e nessas a concentração total variou entre 8 e 57 ng g^{-1} pu. Em apenas 2 amostras, o naftaleno não representou mais de 50% do total de HPA, contudo em todas elas há predominância de HPA com 2 e 3 anéis aromáticos. Não foi observada tendência de concentrações maiores ou menores de HPA em machos ou fêmeas.

Na espécie *Stenella longirostris,* em 15 das 16 amostras analisadas foram quantificados HPA. Nestas amostras, as concentrações totais de HPA

variaram entre 23 e 452 ng g^{-1} pu. Em todas elas houve predominância de HPA leves, com destaque para o naftaleno. Apenas duas amostras eram de animais machos, de forma que não é possível realizar uma avaliação de tendência de acumulação dos HPA em função do sexo do animal.

Nas nove amostras de *Steno bredanensis* analisadas foram quantificados HPA. As concentrações de HPA totais variaram entre 11 e 2174 ng g^{-1} pu, com predominância de naftaleno. Apenas duas amostras foram retiradas de animais machos e, portanto, não é possível uma avaliação de tendência de concentração por sexo do animal.

Nas biópsias de *Tursiops truncatus* foram quantificados HPA em 26 das 35 amostras analisadas. Nestas, as concentrações de HPA variaram entre 10 e 3054 ng g^{-1} pu. Em apenas sete dessas amostras o naftaleno não foi o HPA predominante. A presença de HPA pesados, com 4 a 6 anéis aromáticos, foi superior à encontrada nas demais espécies. Assim, como observado para os outros animais, o n amostral não é suficiente para avaliar a preferência de acumulação de HPA por sexo.

Apesar do n amostral reduzido para a maior parte das espécies, quando elas foram agrupadas entre odontocetos (n=130) e misticetos (n = 42), observou-se que em 75% das amostras de odontocetos foram quantificados HPA, enquanto que nas amostras de misticetos esse percentual foi de 57%. As concentrações de HPA encontrados nas amostras de odontocetos (Mediana = 25,3 - Máximo de 3054 ng g^{-1} pu) foram, de forma geral, superiores às encontradas nas amostras de misticetos (Mediana = 15,9 - Máximo de 1709 ng g^{-1} pu). Essa diferenciação pode estar relacionada à alimentação diferenciada entre os grupos. Os odontocetos possuem dieta diversificada variando de espécie para espécie, mas basicamente alimentam-se de peixes, lulas, polvos e crustáceos. Já os misticetos se alimentam primordialmente de organismos planctônicos, principalmente pequenos crustáceos.

Na **Figura V-173** estão resumidos os percentuais de amostras onde houve e onde não houve quantificação de HPA em cada uma das espécies.

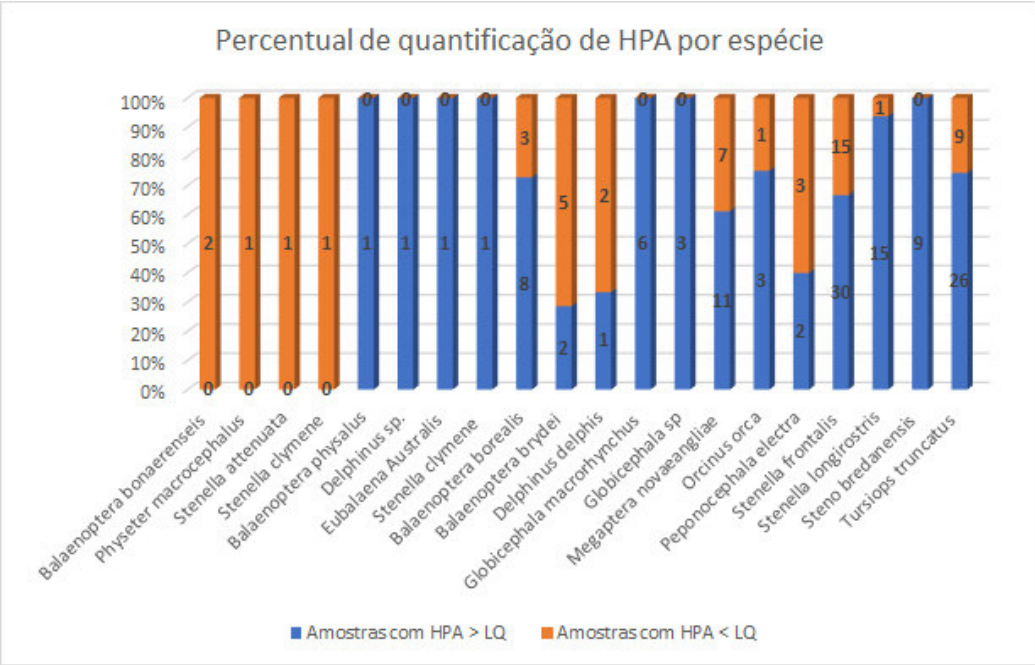


Figura V-173: *Percentual de amostras com HPA quantificáveis e sem HPA quantificáveis. Os números nas barras indicam o número de amostras.*

Nas **Figura V-174** a **Figura V-184** são apresentadas as distribuições dos HPA nas espécies em que as concentrações foram superiores ao limite de quantificação em pelo menos 2 indivíduos. Apesar da predominância de HPA de 2 e 3 anéis aromáticos na maioria das amostras, que é resultado da presença marcante de naftaleno na maior parte dos casos, o perfil dos HPA não é um perfil característico de HPA predominantes do petróleo, visto a ausência de HPA alquilados como os alquil-naftalenos e alquil-fenantrenos, assim como a ausência dos dibenzotiofenos.

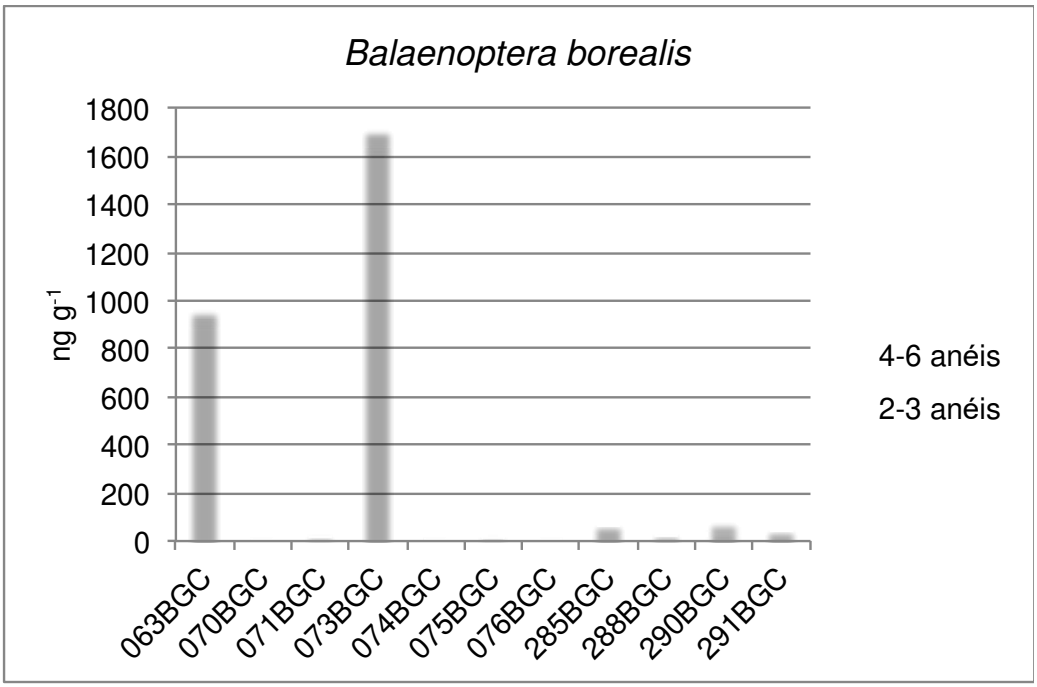


Figura V-174: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Balaenoptera borealis****.*

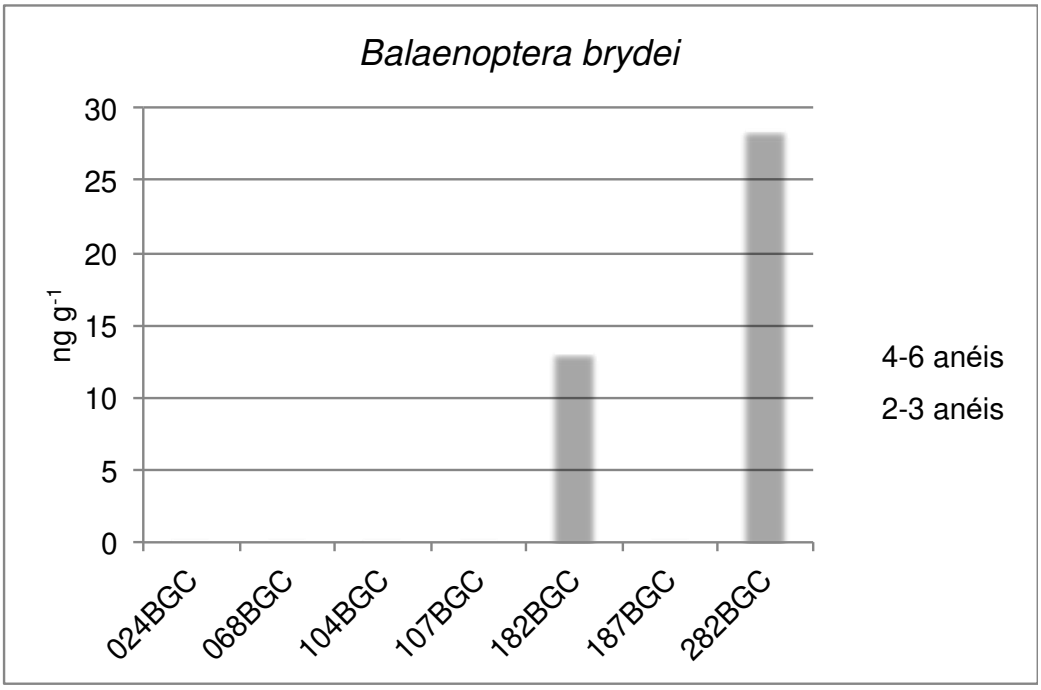


Figura V-175: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Balaenoptera brydei****.*

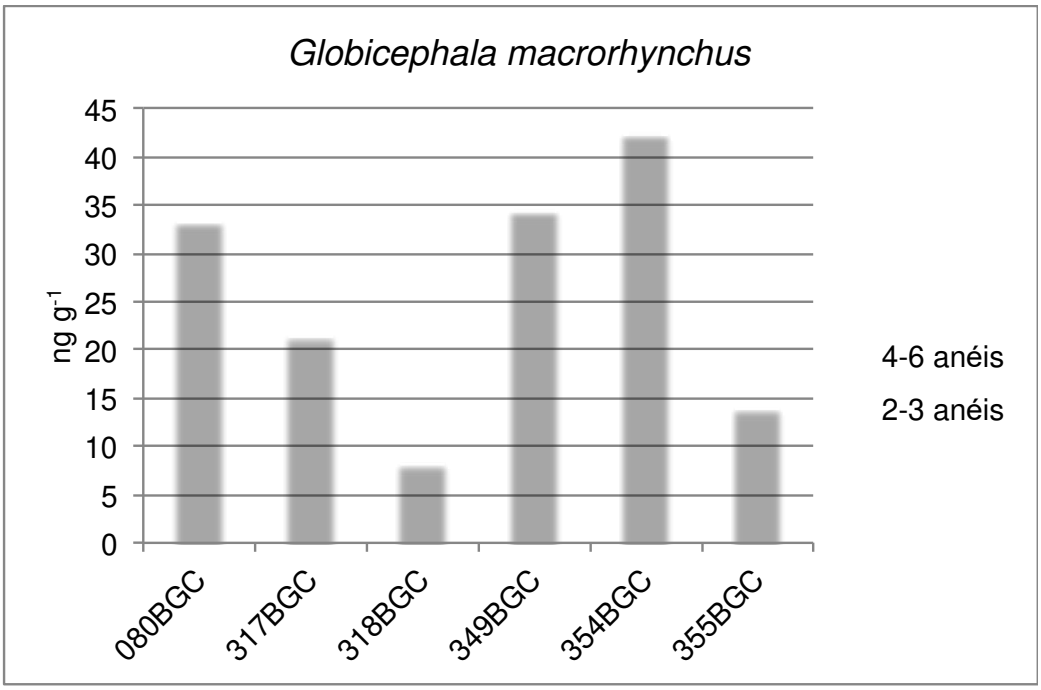


Figura V-176: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Globicephala macrorhynchus****.*

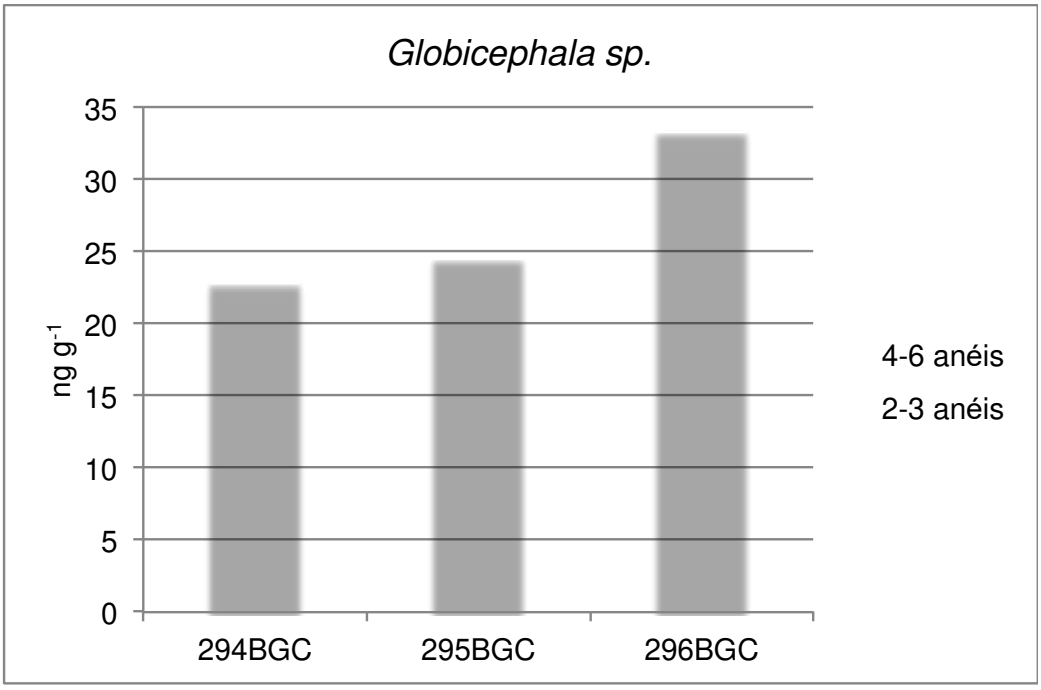


Figura V-177: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Globicephala*** *sp..*

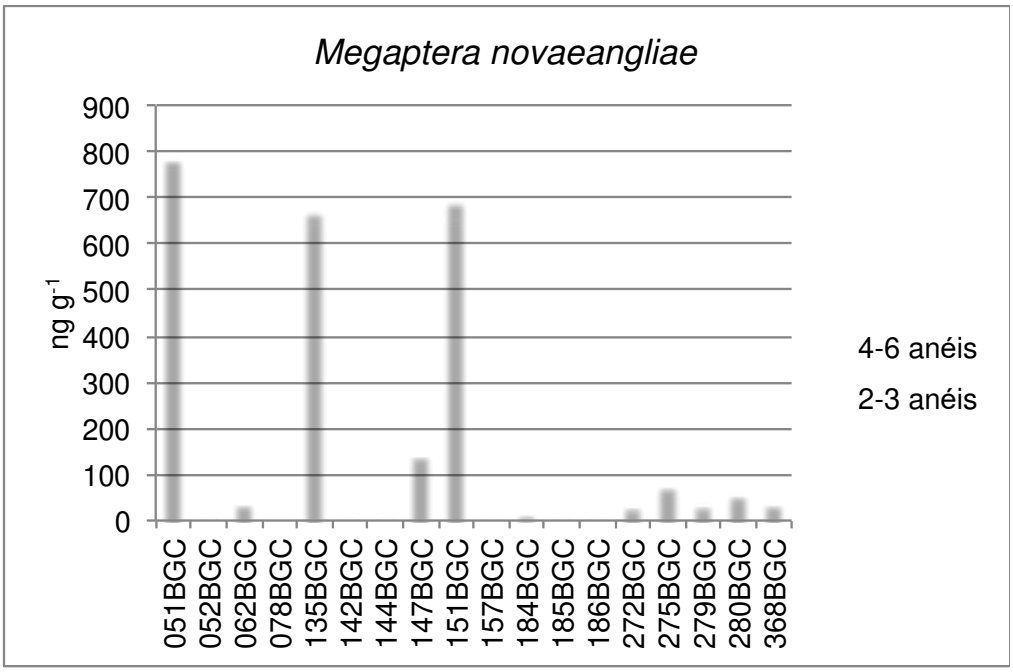


Figura V-178: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Megaptera novaeangliae****.*

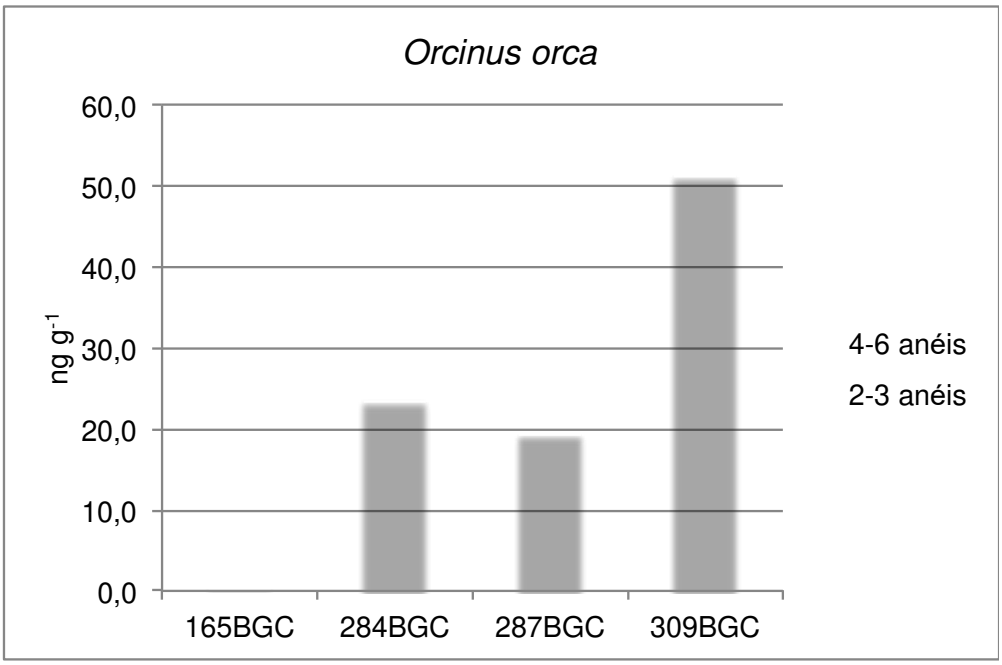


Figura V-179: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Orcinus orca****.*

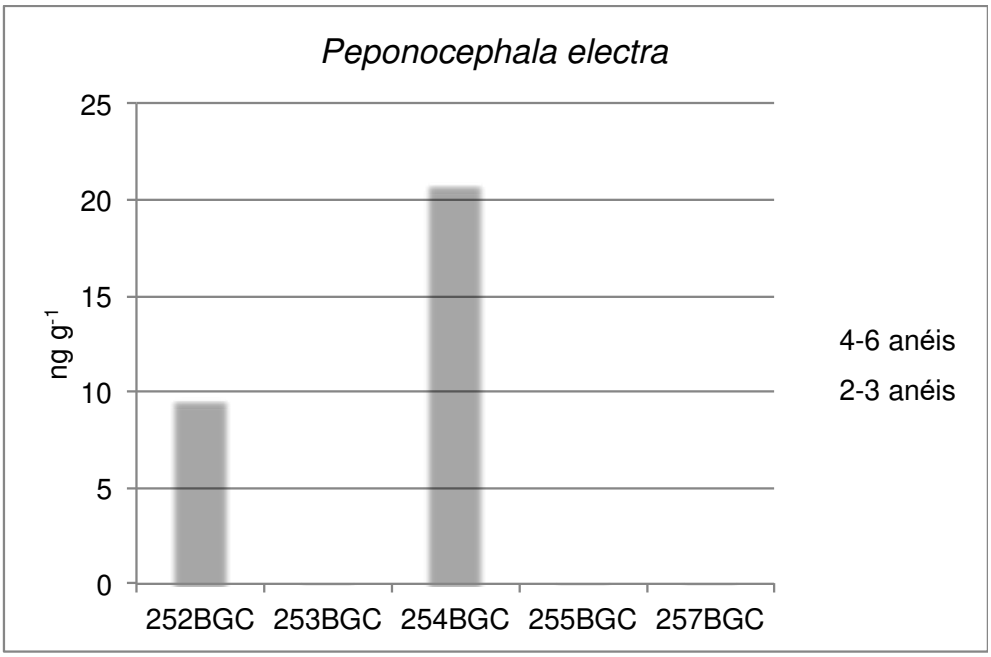


Figura V-180: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Peponocephala electra****.*

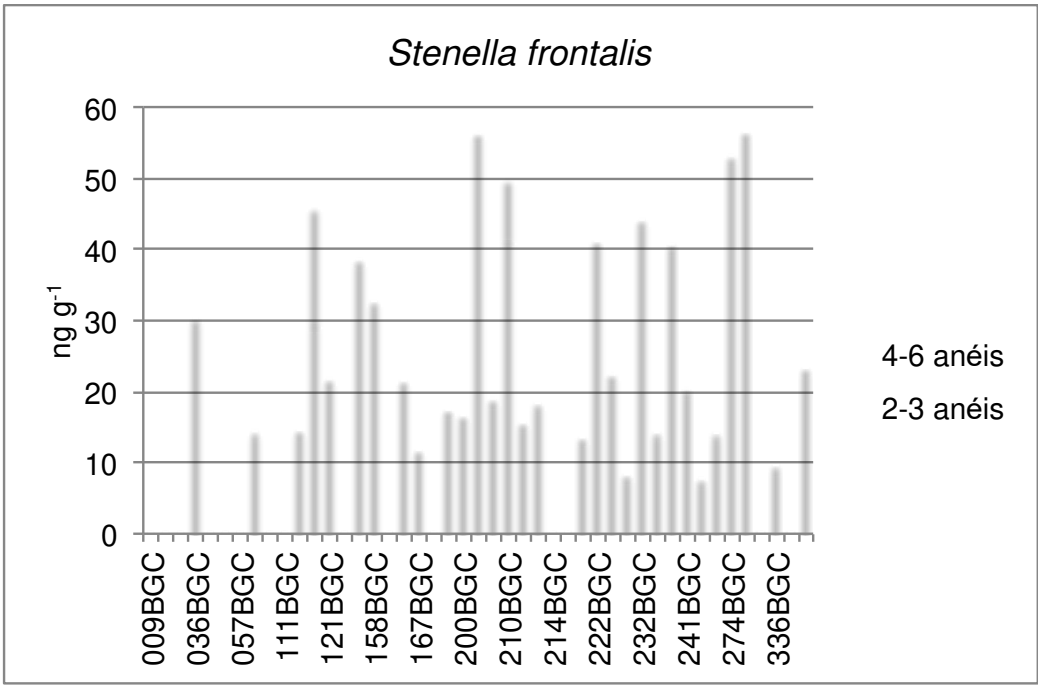


Figura V-181: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Stenella frontalis****.*

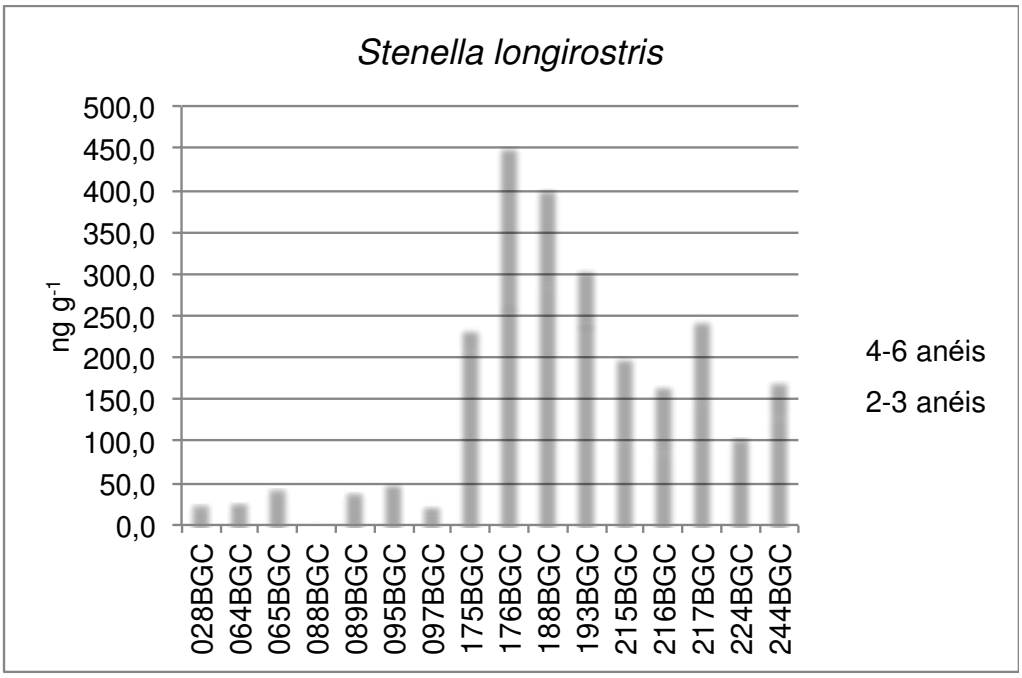


Figura V-182: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Stenella longirostris****.*

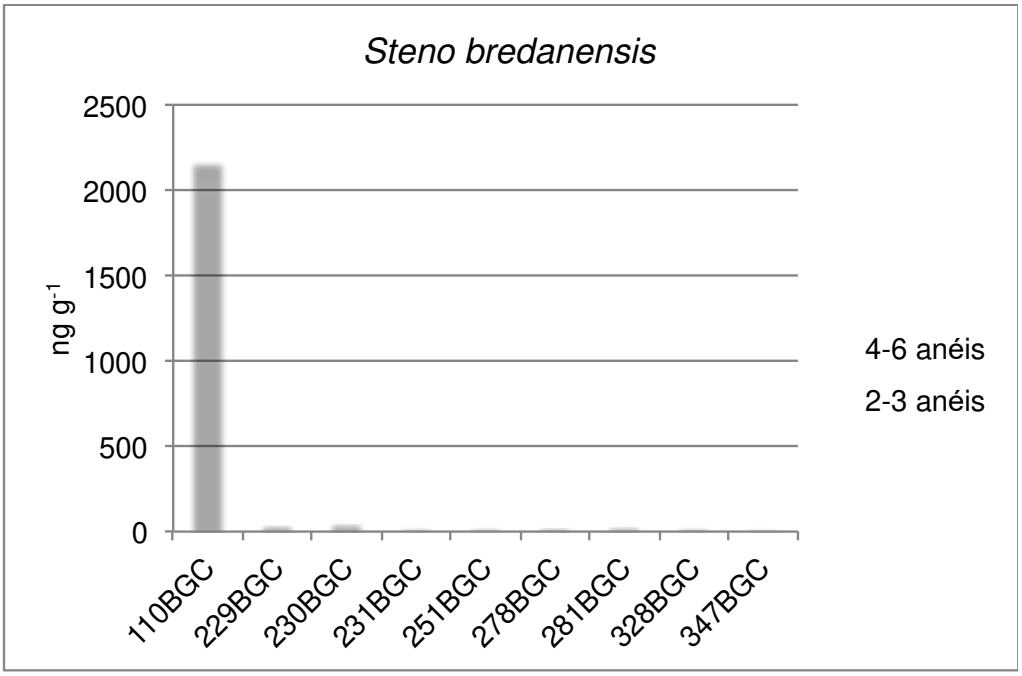


Figura V-183: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***S. bredanensis****.*

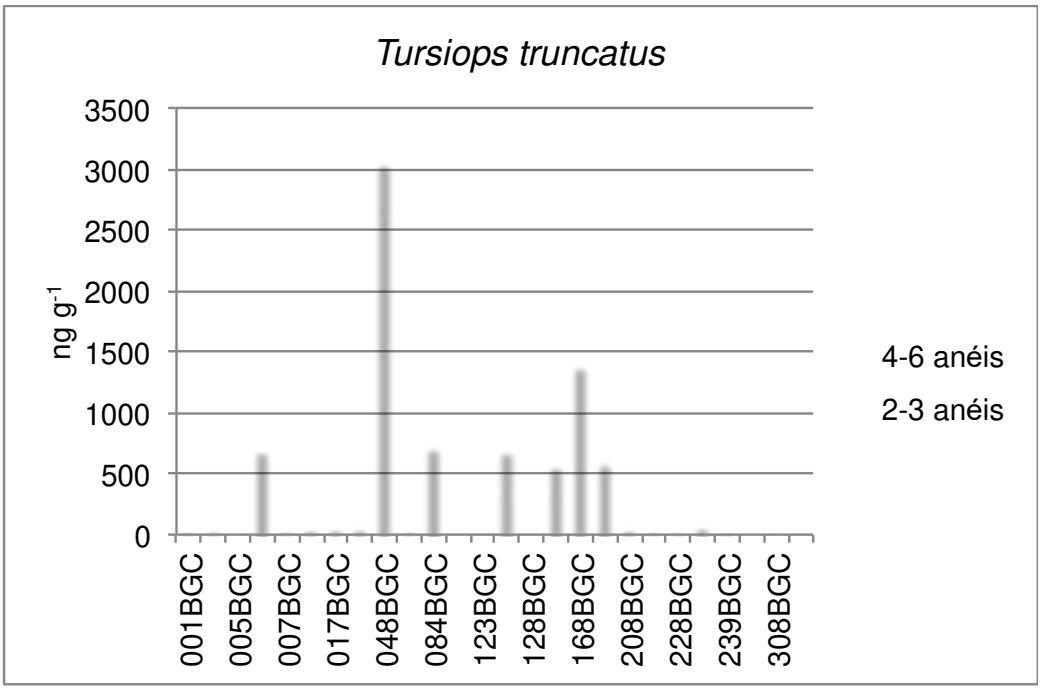


Figura V-184: *Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em amostras de tecido adiposo de* ***Tursiops truncatus****.*

Considerações

Das 172 amostras de tecido adiposo obtidas pelo Projeto de Monitoramento de Cetáceos, foram detectados HPA em 121 amostras, 70% do total. A concentração média de HPA totais foi de 128 (±360)* ng g^{-1} em peso úmido (mediana: 24 ng g^{-1} pu). Observou-se a predominância de naftaleno na maioria das amostras analisadas, com destaque também para a presença de fenantreno, fluoranteno e pireno parentais, contudo, sem perfil de HPA semelhante ao encontrado no petróleo, que incluiria a série de homólogos alquilados. Devido ao baixo n amostral em cada espécie, não é possível avaliar se há diferenças significativas na acumulação de HPA em função do sexo do animal.

O agrupamento das espécies entre odontocetos e misticetos mostrou que em 75% das amostras de odontocetos foram quantificados HPA enquanto que nas amostras de misticetos HPA foram quantificados em 57% das amostras. As concentrações de HPA encontradas nas amostras de odontocetos (Mediana = 25,3 - Máximo de 3054 ng g^{-1} pu) foram, de forma geral, superiores às encontradas nas amostras de misticetos (Mediana = 15,9 - Máximo de 1709 ng g^{-1} pu), o que pode estar relacionado a diferença de alimentação das espécies.

Está prevista a utilização de análises exploratórios para a discussão dos dados e levantamento de hipóteses para uma discussão mais detalhada, ainda que existam limitações para análises estatísticas devido ao reduzido n amostral.

As concentrações de HPA encontradas nas amostras de biópsias dos cetáceos na Bacia de Santos foram baixas quando comparadas às concentrações reportadas na literatura, até 198.000 ng g^{-1} pu, para o tecido adiposo desses animais. Contudo, essas concentrações elevadas encontradas na literatura foram relacionadas à derrames de petróleo (MARSILI, 2001; 2002). Concentrações de HPA em gordura de cetáceos da ordem de 86.000 ng g^{-1} em peso lipídico (pl) foram encontradas em estudos onde não foram apontados derrames de óleo (CAGNAZZI, 2013). Essa concentração é ainda seis vezes superior a concentração máxima de HPA encontrada nas amostras

de cetáceos da Bacia de Santos, mencionadas no presente estudo (3054 ng g^{-1} pu), cuja conversão para peso lipídico resultaria em 13882 ng g^{-1} (pl).

Diversos estudos descrevem a capacidade dos organismos vertebrados em metabolizar de forma rápida e eficaz os HPA (VARANASI et al., 1989; NEFF, 2002; NOAA, 2019). A metabolização dos HPA nos vertebrados está ligada ao citocromo P-450, uma oxigenase terminal de função mista e à enzima hidrocarboneto aril hidroxilase, que é em parte responsável pela hidroxilação de hidrocarbonetos, o que os torna solúveis em água e permite sua excreção (GERACI; ST. AUBIN, 1990; ENGELHARDT, 1983; GOKSOYR et al., 1986; WATANABE et al., 1989; NOAA, 2019). Dessa forma, ainda que os cetáceos em algum momento tenham contato com HPA de qualquer que seja a fonte, a sua capacidade em metabolizar e excretar esses compostos faz com que as concentrações em seus tecidos sejam baixas, o que dificulta a avaliação da exposição aos HPA a partir da análise dos tecidos.

V.5.3 Biomarcadores

Este item apresenta os principais resultados das análises de biomarcadores bioquímicos e moleculares realizadas em amostras tegumentares de cetáceos marinhos coletadas no âmbito do PMC-BS. Especificamente, são apresentados os resultados de: i) atividade GST, expressão da proteína CYP1A e níveis de transcritos dos genes *AhR, CYP1A, E2F1, ESR2, HSP70* e *UGT1* em amostras de *Tursiops truncatus*; ii) atividade GST, expressão da proteína CYP1A e níveis de transcritos de *AhR, CYP1B, E2F1, ESR2, HSP70* e *UGT1* em amostras de *Stenella longirostris*; iii) atividade GST, expressão de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR, CYP1A, E2F1, ESR1, HSP70* e *UGT3* em amostras de *Balaenoptera brydei*; e iv) a análise estatística dos dados gerados para *T. truncatus* e *S. longirostris*. Não são apresentadas análises estatísticas dos dados obtidos em *B. brydei* devido ao reduzido número amostral (n = 7). Como a atividade EROD não foi detectada em tecido epidérmico durante a etapa de padronização da técnica em cetáceos, este biomarcador não foi considerado neste relatório. Além da

atividade EROD, nas amostras tegumentares de *S. longirostris*, a isoforma *CYP1A* não foi detectada, sendo avaliado o nível de transcritos da isoforma *CYP1B*. Para a espécie *B. brydei,* foram avaliados os níveis de transcritos de *ESR1* e *UGT3,* pois as isoformas *ESR2* e *UGT1* também não foram detectadas nesse tecido.. Níveis de transcritos de *UGT1* foram correlacionados positivamente com os níveis de Mirex bioacumulados em *T. truncatus*. Foram observados menores níveis de transcritos de *ESR2* em *S. longirostris* que foram correlacionados aos níveis mais elevados de DDTs e PCBs, enquanto o grau de transcrição de *AhR* foi inversamente relacionado às concentrações de PCBs e DDTs. Também foi observada uma relação inversa entre os níveis de HPAs totais e HPAs prioritários e a atividade GST em *S. longirostris*. Além das associações citadas, os resultados de biomarcadores em *T. truncatus* e *S. longirostris* foram influenciados pelo sexo, sazonalidade e ano de coleta, sugerindo a necessidade de uma melhor compreensão sobre a variabilidade natural dos biomarcadores nestas espécies para sua aplicação e mais robusta interpretação em estudos de biomonitoramento.

V.5.3.1 Metodologia das análises de biomarcadores bioquímicos e moleculares em amostras tegumentares de cetáceos

Análise de atividade glutationa s-transferase em amostras tegumentares de cetáceos

As glutationas *S*-transferases (GSTs) são importantes enzimas da fase II de biotransformação, que catalisam a conjugação do grupo tiólico da glutationa endógena (GSH) com o centro eletrofílico de compostos endógenos, como os aldeídos derivados de peroxidação lipídica, e/ou exógenos, tais como compostos fenólicos, contaminantes orgânicos e fármacos, tornando-os mais hidrossolúveis e mais facilmente eliminados (HAYES; FLANAGAN; JOWSEY, 2005). Desta forma, este processo protege a célula contra os efeitos tóxicos destes compostos (PARKINSON; OGILVIE, 2001; ZAMEK-GLISZCZYNSKI et al., 2006). Há diversas isoenzimas de GSTs que diferem em sua especificidade por substratos. Em mamíferos, sete famílias de GSTs foram descritas (HAYES;

FLANAGAN; JOWSEY, 2005). Por utilizar um substrato de amplo espectro (1-cloro-2,4-dinitrobenzeno, CDNB), o ensaio de atividade GST realizado no âmbito deste projeto quantifica as atividades de diversas isoenzimas de GST simultaneamente (denominada aqui como GST).

As análises de atividade GST em amostras tegumentares de *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei* foram realizadas de acordo com o protocolo padronizado pela equipe do LABCAI. Resumidamente, a análise de GST consiste na homogeneização mecânica de 30 mg de tecido epidérmico de cada espécime em tampão Tris-HCl 50 mM, pH 7,4, contendo 150 mM KCl, 1 mM DTT e 0,5 mM do inibidor de proteases PMSF. O homogeneizado foi centrifugado a 9.000 *x*g por 30 min a 4°C, e o sobrenadante foi ultracentrifugado a 100.000 *x*g por 60 min à mesma temperatura. O sobrenadante resultante da segunda centrifugação foi utilizado para a determinação de atividade GST total.

O ensaio de atividade GST foi realizado de maneira similar para as três espécies, com concentrações finais de 5 mM de GSH e 2,5 mM de CDNB, mantidas a 37°C. A formação do produto GS-DNB foi acompanhada a 340 nm, por 5 min, no espectrofotômetro de microplacas SpectraMax® M5 (Molecular Devices®).

A atividade GST foi calculada por meio da fórmula:

mU.mgprt^{-1} = [(miliAbs.min^{-1} amostra - miliAbs.min^{-1} branco) x (vol.total)/(vol.amostra) x (mgprt) x (ε) x (caminho óptico)] x (diluição)

Onde,

U.mgprt^{-1} = atividade GST em U.min^{-1}.mg proteína^{-1}

Abs.min amostra = taxa de formação de GS-DNB da amostra em 340 nm

Abs.min branco = taxa de formação de GS-DNB do branco em 340 nm

Vol.total = volume total da reação

Vol.amostra = volume da amostra

mgprt = concentração de proteína em mg.mL^{-1}, mensurada de acordo como o método de Bradford (1976)

ε = coeficiente de extinção molar (ε = 9,6 mM.cm^{-1}) em 340 nm

caminho óptico em cm

Para todos os ensaios, uma alíquota de GST comercial isolada de equino (Sigma-Aldrich, código G6511) foi utilizada como controle positivo.

Expressão da proteína CYP1A em amostras tegumentares de cetáceos

A quantificação da proteína CYP1A, através da técnica de *Western blotting*, é considerada um importante biomarcador de exposição a HPA e outros compostos orgânicos, sendo comumente avaliada em vertebrados marinhos (BACHMAN et al., 2015; WILSON et al., 2007). O método se baseia na imobilização da amostra em uma membrana de nitrocelulose, seguida da formação de um complexo antígeno-anticorpo específico para a proteína que se deseja quantificar. Neste projeto, a detecção do complexo antígeno-anticorpo específico foi realizada por quimioluminescência, cujo procedimento seguiu as instruções do sistema *V3 Western Workflow* (Bio-Rad), de acordo com o protocolo padronizado e apresentado no ítem V.5.2.2 do 4º Relatório Anual – Ciclos 1 a 8 do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS (PETROBRAS, 2019).

Nas análises em tecido tegumentar de *T. truncatus, S. longirostris* e *B. brydei*, foi utilizado o anticorpo primário anti-CYP1A1 produzido em cabra (ABCAM, código ab126887) e o anticorpo secundário anti-cabra conjugado à enzima peroxidase (ABCAM, código ab205723). As diluições utilizadas de cada anticorpo para cada espécie estão mostradas na **Tabela V-45**. A detecção de uma banda próxima ao peso molecular estimado de 55 kDa foi considerada como um resultado positivo de reatividade do anticorpo primário com a proteína CYP1A dos cetáceos.

Como controle positivo foi utilizada uma amostra de 0,8 µg de microssoma hepático de camundongo (*Mus musculus*, linhagem Swiss) previamente induzido intraperitonealmente, por 24 horas, com β-naftoflavona (BNF), um conhecido indutor de CYP1A.

Tabela V-45: *Condições ótimas para a imunodetecção de CYP1A em tecido tegumentar de cetáceos.*

Condições de imunodetecção de CYP1A em cetáceos					
Espécie	**Anticorpo primário***	**Anticorpo secundário ******	**Massa proteica**	**Método de revelação**	**Tempo de exposição ChemiDoc™**
T. truncatus	0,15 µg mL^{-1}	0,1 µg mL^{-1}	10 µg	Clarity Max	120 segundos
S. longirostris	0,15 µg mL^{-1}	0,1 µg mL^{-1}	10 µg	Clarity Max	120 segundos
B. brydei	0,30 µg mL^{-1}	0,1 µg mL^{-1}	10 µg	Clarity Max	180 segundos

* Anticorpo primário anti-CYP1A1 produzido em cabra (ABCAM, código ab126887).

**Anticorpo secundário anti-IgG de cabra (ABCAM, código Ab205723).

Quantificação de transcritos de genes alvo em amostras tegumentares de cetáceos

O monitoramento do nível de transcritos de genes associados às respostas moleculares frente a um desafio químico é uma ferramenta que vem ganhando importância no monitoramento ambiental (TOM et al., 2004; PESSATTI et al., 2016; NAHAS et al., 2017; COCCI et al., 2018; ZACCHI et al., 2018). Biomarcadores moleculares se tornaram atrativos devido à sensibilidade da técnica e à rápida resposta a nível molecular, possibilitando-os atuar como sinais precoces de alerta (VIARENGO et al., 2007; REGOLI et al, 2011).

Os genes alvo selecionados como biomarcadores moleculares nas amostras tegumentares de cetáceos compreendem aqueles que codificam: o receptor aril de hidrocarbonetos (*AhR*), envolvido na ativação das zonas responsivas a xenobióticos; as proteínas citocromo P450 1A ou 1B (genes *CYP1A* e *CYP1B*), e a enzima UDP-glicuronosiltransferase (genes *UGT1* ou *UGT3*), envolvidos, respectivamente, nas fases I e II do processo de biotransformação de xenobióticos; os receptores de estrógeno ESR-α e ESR-β (genes *ESR1* e *ESR2,* respectivamente), responsáveis pela ativação da resposta celular a estrógenos; o fator de transcrição *E2F*, envolvido no controle

do ciclo celular; e a proteína de choque térmico HSP70 (gene *HSPA*), um clássico biomarcador de estresse celular e fisiológico.

Os genes alvo avaliados para cada espécie bem como seus respectivos iniciadores são apresentados na **Tabela V-46**. O protocolo padronizado está descrito em detalhes no ítem V.5.2.2 do 4º Relatório Anual – Ciclos 1 a 8 do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS (PETROBRAS, 2019).

Para a quantificação dos níveis de transcritos dos genes alvo, o RNA total foi extraído de aproximadamente 30 mg de cada amostra tegumentar de *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei* utilizando-se o kit comercial *RNeasy Fibrous Tissue Mini*® (Qiagen), seguindo as especificações do fabricante.

A concentração do RNA obtido foi avaliada através da medição da absorbância no comprimento de onda de 260 nm) e sua pureza, por meio da análise das razões 260/280 (qualidade aceitável > 1,8) e 260/230 (qualidade aceitável > 1,7) em espectrofotômetro NanoDrop® 1000 (Thermo Fisher Scientific) (WIECZOREK; DELAURIERE; SCHAGAT, 2012). A qualidade do RNA também foi avaliada por fluorimetria, utilizando o fluorímetro Qubit 4.0 (Thermo Fisher Scientific), sendo considerado o valor de IQ aceitável maior que 7,5.

Para a síntese de DNA complementar (cDNA), o RNA total extraído foi tratado com DNAse e submetido à transcrição reversa com o kit comercial *Quantitect Reverse Transcription*® (Qiagen) seguindo as instruções do fabricante. O cDNA foi quantificado por fluorimetria com o reagente *OliGreen*® (Thermo Fisher SCI.), cujas valores foram utilizados para normalização dos níveis de transcritos, apresentados como cópias/ng cDNA.

Tabela V-46: *Genes alvo e pares de iniciadores, utilizados para quantificação dos seus respectivos produtos gênicos em tecido tegumentar de* ***Tursiops truncatus, Stenella longirostris e Balaenoptera brydei****.*

Espécie	Gene alvo	Iniciadores*
T. truncatus	*AhR*	F: ACAGCAGCATCAGAAGCACAGA
		R: AAGGCACGGATTGGTTCGAGTT
	CYP1A	F: ACGCTATGACCATGAGAGCCAAGA
		R: GCAGGTAACGGAGGATAGGGATGAA
	E2F1	F: CGCCAAGAAGTCCAAGAACCACATC
		R: CTGTCAGCATCCTCGGAAAGCAG
	ESR-β	F: GCCAGTCGTCACTTCTGTATG
		R: TCTCTCTGTTCCCAGGTAAGG
	HSP70	F: AGCACAAGAAGGACATCAGCCAGAAC
		R: GCCCTGGTGATGGACGTGTAGAA
	UGT1	F: TCCGATGGTGATGATGCCCTTGTT
		R: GCGGTCCTTGTGAAGGCTAGAGA
S. longirostris	*AhR*	F: ACAGCAGCATCAGAAGCACAGAG
		R: AAAGGCACGGATTGGTTCGAGTTC
	CYP1B	F: GCTGCTCGTCTTCTTCACCAGGTAT
		R: ATGACGTAGGGCAGGTGTGGTT
	E2F1	F: CGGAGGCTGGACTTGGAAACTG
		R: TCAGCGATGTTTCATAGCGTGACTTCTC
	ESR-β	F: TCGGAAGTGCTATGAAGTCGGAATGG
		R: TTTCTTGGCTTTGCTCAGGCAGTG
	HSP70	F: CGTCGATGGTGCTGACCAAGATG
		R: CGCTGCGAGTCGTTGAAGTAGG
	UGT1	F: GCTGTATTCTGGGTGGAGTTT
		R: AGGAGGAAGCCGATCACAT
B. brydei	*AhR*	F: TGGACAGAACAGGAAAGGGAAGGATG
		R: ATTTCAAGTATGGACGGTGGCTGGAG
	CYP1A	F: GGGCAAGAGACTGGACGAGAATG
		R: AGGAGATGGCAGTTGTGACTGTG
	E2F1	F: CGGAGGCTGGACTTGGAAACTG
		R: TCAGCGATGTTTCATAGCGTGACTTCTC
	ESR-α	F: CCCAGCTCCTCCTCATCCTCTC
		R: AGCATCTCCAGCAGCAGGTCATAG
	HSP70	F: CAAGATCACCATCACCAACGACAAGG
		R: CGTTCTTGGCAGACACCCTCTC
	UGT3	F: CCTCAAGCCCTACACCTTCCA
		R: TGACCGCCAGCAGGAACA

* F: sequência *forward* (senso); R: sequência *reverse* (antisenso).

As reações de PCR em tempo real (qPCR) foram realizadas em duplicata no termociclador Rotor-Gene® Q (Qiagen) com o kit comercial *QuantiFast*

SYBR Green PCR® (Qiagen), usando 1 µM de cada iniciador em um volume final de reação de 20 µL para cada gene. O programa de amplificação para cada gene alvo consistiu em um ciclo de 5 min a 95°C para ativação enzimática, seguido de 35 ciclos de: 95°C por 10 s e 60°C por 30 s. Ao final da amplificação, a verificação da especificidade dos amplicons (*i.e.* produtos de PCR) formados para cada gene foi obtida por meio do monitoramento de sua fluorescência em função do aumento da temperatura (entre 55 e 95 °C) (*i.e.* curva de dissociação, do inglês *melting curve*) no termociclador.

Uma curva padrão com número conhecido de cópias por reação (28.125 a 4.500.000 cópias/reação) foi elaborada para cada gene alvo de cada espécie, utilizando fragmento de DNA sintético específico para os genes alvo da espécie (*gBlocks Gene Fragments*, IDT; para mais informações vide: https://www.idtdna.com/pages/products/genes-and-gene-fragments/double-stranded-dna-fragments/gblocks-gene-fragments). Amostras com Cq acima de 30 ciclos ou com coeficiente de variação acima de 30% foram excluídas das análises por serem consideradas inadequadas em análises subsequentes.

Análises estatísticas dos dados de biomarcadores obtidos para Tursiops truncatus, Stenella longirostris e Balaenoptera brydei

Os dados de atividade enzimática, unidades arbitrárias de CYP1A ou nível de transcritos das amostras de *T. truncatus*, *S. longirostris* e *B. brydei* obtidos até julho de 2020 foram avaliados quanto à aderência ao modelo normal (*i.e.* gaussiano) com o uso dos testes de D'Agostino e Pearson, e quanto à homogeneidade de variância utilizando o teste de Levene ou teste F.

Para avaliar a influência de variáveis categóricas, como sexo, sazonalidade (estação do ano) e ano de coleta nas respostas de biomarcadores, foram realizadas comparações entre grupos. Considerando os resultados da análise de distribuição e homocedasticidade dos biomarcadores, optou-se por realizar: i) para dados não-paramétricos, teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste *post-hoc* de comparações múltiplas de Dunns para fatores com mais de dois níveis, e teste U de Mann-Whitney, quando o fator possui apenas dois níveis; ii) para dados paramétricos, ANOVA com teste *post-hoc* de Tukey para fatores com mais de dois níveis, e teste t não-pareado quando

o fator possui apenas dois níveis. Todos os testes foram realizados sem remoção de dados discrepantes ou *outliers*.

Para *T. truncatus* (n = 46) e *S. longirostris* (n = 48) foram considerados os fatores sexo, sazonalidade (estação do ano), ano de coleta, concentração de Σ16HPAs prioritários, ΣHPAs totais, ΣPCBs, ΣDDTs, Mirex, e ΣPBDEs no tecido adiposo (**Tabela V-47** e **Tabela V-48**).

Além das comparações por grupo, para verificar padrões de associação entre os biomarcadores analisados e as variáveis contínuas, como temperatura, profundidade e níveis de POPs e HPAs, foram realizadas análises pareadas de correlação de Spearman e análise de componentes principais (PCA). A PCA também foi utilizada para verificar se houve distinção entre grupos (baseado no sexo, sazonalidade ou ano de coleta) ao serem consideradas todas as variáveis conjuntamente.

Tabela V-47: *Descrição dos fatores, níveis dos fatores analisados e fonte dos dados para realização de estatística inferencial em amostras de tecido tegumentar de* ***Tursiops truncatus****.*

Fator	Níveis do fator	Fonte
Sexo	Macho; Fêmea	Socioambiental
Ano de coleta	2016; 2017; 2018; 2019	Socioambiental
Sazonalidade	Primavera/Verão; Outono/Inverno	Socioambiental
Concentração de 16 HPAs prioritários*	< LD; > LD*	IO-USP
Concentração de HPAs totais*	< LD; > LD*	IO-USP
Concentração de DDTs totais**	< LD; > LD**	IO-USP
Concentração de PCBs* totais**	< mediana; > mediana***	IO-USP
Concentração de Mirex**	< LD; > LD****	IO-USP
Concentração de PBDEs***	< LD; > LD*****	IO-USP

*LD = 0,06 ng g^{-1} peso úmido.
**LD = 0,08 ng g^{-1} peso úmido.
***LD = 0,13 ng g^{-1} peso úmido. Mediana 6697,74 ng g^{-1} lipídeos.
****LD = 0,04 ng g^{-1} peso úmido.
*****LD = 0,10 ng g^{-1} peso úmido.

Tabela V-48: *Descrição dos fatores, níveis dos fatores analisados e fonte dos dados para realização de estatística inferencial em amostras de tecido tegumentar de* ***Stenella longirostris****.*

Fator	Níveis do fator	Fonte
Sexo	Macho; Fêmea	Socioambiental
Ano de coleta	2016; 2017; 2018	Socioambiental
Sazonalidade	Primavera/Verão; Outono/Inverno	Socioambiental
Concentração de 16 HPAs prioritários*	< mediana; > mediana*	IO-USP
Concentração de HPAs totais*	< mediana; > mediana*	IO-USP
Concentração de DDTs totais**	< mediana; > mediana**	IO-USP
Concentração de PCBs* totais**	< mediana; > mediana***	IO-USP
Concentração de Mirex**	< mediana; > mediana****	IO-USP
Concentração de PBDEs***	< mediana; > mediana*****	IO-USP

*LD = 0,06 ng g^{-1} peso úmido. Mediana 1052,00 ng g^{-1} lipídeos
**LD = 0,08 ng g^{-1} peso úmido. Mediana 347,95 ng g^{-1} lipídeos
***LD = 0,13 ng g^{-1} peso úmido. Mediana 1076,13 ng g^{-1} lipídeos
****LD = 0,04 ng g^{-1} peso úmido. Mediana 86,19 ng g^{-1} lipídeos
*****LD = 0,1 ng g^{-1} peso úmido. Mediana 101,13 ng g^{-1} lipídeos

Não foram realizadas análises estatísticas inferenciais para *B. brydei* devido ao reduzido número amostral (n = 7).

Além das análises descritas acima, foi incluída neste relatório uma avaliação interespecífica dos valores médios dos biomarcadores quantificados no tecido tegumentar das duas espécies de odontocetos (*T. truncatus* e *S. longirostris*) e da espécie de misticeto (*B. brydei*). Para tal, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis.

As análises estatísticas fatoriais foram realizadas através do software GraphPad Prism 7.0. Para as análises de correlação e de PCA foi utilizado o software R versão 3.6.3. Em todas as análises o nível de significância foi estipulado em 0,05.

No corpo do texto deste relatório são apresentadas as figuras referentes aos resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$). Os demais resultados são apresentados nos **Anexos V.5.3-1** e **V.5.3-2** ao final do documento.

V.5.3.2 Resultados das análises de biomarcadores bioquímicos e moleculares em amostras tegumentares de cetáceos

Nessa seção estão apresentados os resultados e discussão dos biomarcadores bioquímicos e moleculares avaliados nos cetáceos *S. longirostris, T. truncatus* e *B. brydei*. A discussão foi realizada tomando como base estudos com outras espécies, tendo o devido cuidado em extrapolações.

Uma vez que foi realizada a padronização prévia das técnicas para análises de biomarcadores neste estudo, existe uma dificuldade na comparação desses resultados com os da literatura devido a diferenças metodológicas. Sendo assim, os valores absolutos de atividade e expressão não são muito informativos para comparações diretas com outras espécies descritas, visto que espécies diferentes apresentam valores basais de atividade enzimática, expressão de proteínas e nível e transcritos bastante variáveis entre si. A subseção que está apresentada uma comparação entre as três espécies de cetáceos analisadas no âmbito do projeto de biomarcadores do PMC só foi possível porque a metodologia foi padronizada previamente pela equipe do LABCAI-UFSC.

Biomarcadores bioquímicos e moleculares em Tursiops truncatus

Os resultados médios dos biomarcadores obtidos em *T. truncatus* são apresentados na **Tabela V-49**.

Tabela V-49: *Resumo dos resultados obtidos para as análises de biomarcadores bioquímicos, biomarcadores moleculares, HPAs e POPs em amostras tegumentares de* ***Tursiops truncatus*** *(n = 46).*

Parâmetro	Média**	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
GST (mU.min^{-1}.mgprt^{-1})	173	43	78	268
CYP1A - WB (UA)*	0,21	0,15	0,04	0,79
***AhR* (cópias.ng cDNA^{-1})**	191	94	22	471
***CYP1A - mol* (cópias.ng cDNA^{-1})**	0,9	1,4	<LD	7,5
***E2F1* (cópias.ng cDNA^{-1})**	60	45	9	212
***ESR2* (cópias.ng cDNA^{-1})**	67	34	6	216
***HSP* (cópias.ng cDNA^{-1})**	946	412	153	2018
***UGT1* (cópias.ng cDNA^{-1})**	40	26	0,4	105
HPAs prioritários (ng g^{-1} lipídeos)	5421	12831	<LD	61970
HPAs totais (ng g^{-1} lipídeos)	5993	14279	<LD	69158
PCBs (ng g^{-1} lipídeos)	9998	10564	124	37411
DDTs (ng g^{-1} lipídeos)	3311	4087	<LD	17483
PBDEs (ng g^{-1} lipídeos)	413	325	<LD	1185
Mirex (ng g^{-1} lipídeos)	863	1530	<LD	5297

*UA: Unidade arbitrária.
** A média dos POPs e HPAs foi calculada considerando-se apenas os resultados acima do limite de quantificação.

Os resultados das comparações entre grupos indicam que os fatores sexo, sazonalidade e ano de coleta influenciaram significativamente os valores de biomarcadores (**Figura V-185**). Nenhuma diferença significativa foi observada nos biomarcadores, utilizando ΣPCBs, ΣDDTs, ΣPBDEs, Mirex e HPAs prioritários como fatores categorizadores (**Anexo V.5.3-1**). Importante destacar que os resultados das análises estatísticas para o fator HPAs totais são idênticos aos identificados para o fator 16 HPAs prioritários. Este resultado se deve ao fato de que são os mesmos espécimes que apresentaram níveis de HPAs totais e HPAs prioritários abaixo ou acima do LD. Portanto, os valores de média e desvio padrão são os mesmos para todos os biomarcadores analisados.

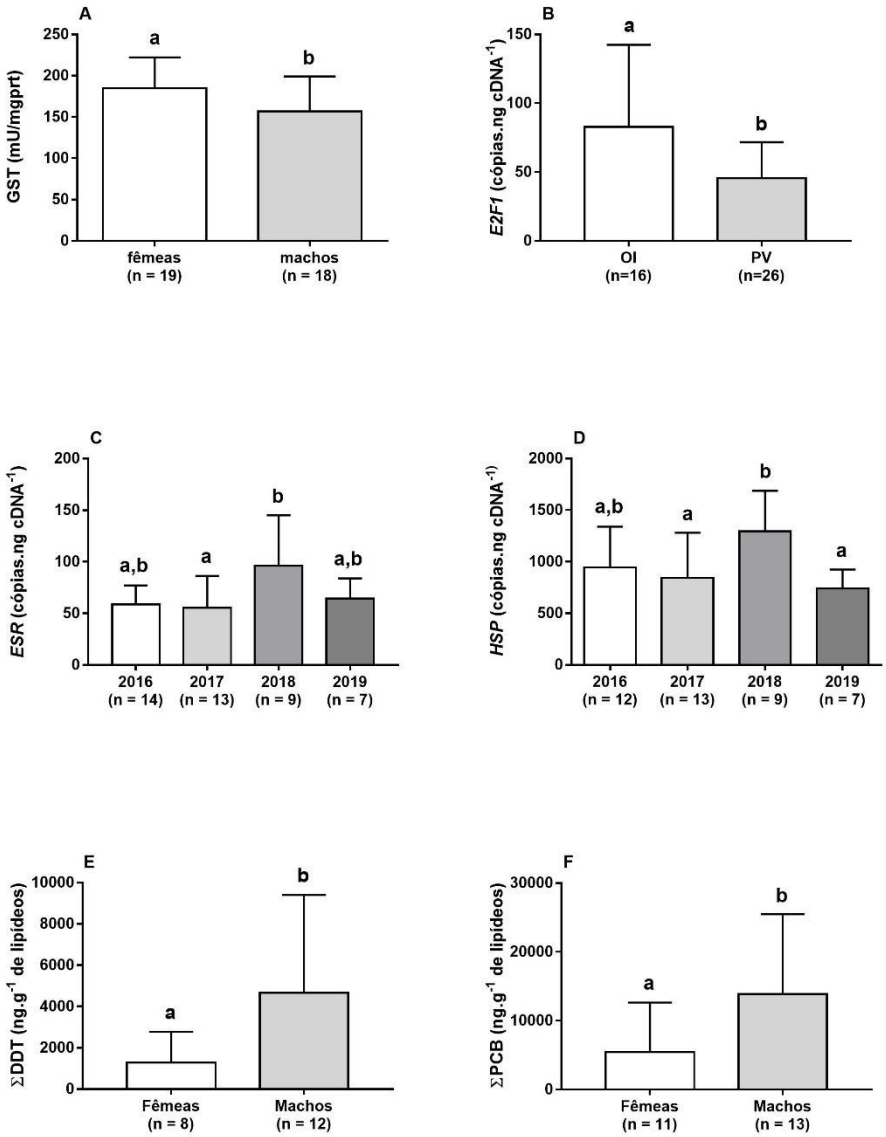


Figura V-185: *(A) Atividade GST em tecido tegumentar de fêmeas e machos de Tursiops truncatus, (B) nível de transcritos de E2F1 em tecido tegumentar de T. truncatus coletados no Outono/Inverno (OI) e na Primavera/Verão (PV), (C) nível de transcritos de ESR2 em tecido tegumentar de T. truncatus coletados entre os anos de 2016 e 2019, (D) nível de transcritos de HSPA em tecido tegumentar de T. truncatus coletados entre os anos de 2016 e 2019, (E) concentração de DDTs totais em tecido adiposo de fêmeas e machos de* ***T. truncatus*** *e (F) concentração de PCBs totais em tecido adiposo de fêmeas e machos de T. truncatus. Letras diferentes indicam diferença significativa (p < 0,05).*

As GSTs são uma importante família de enzimas envolvidas na conjugação de uma gama de substratos eletrofílicos à GSH, promovendo a

proteção da célula ao estresse oxidativo (LI et al., 2010). Devido a seu papel na fase II de biotransformação de xenobióticos, a atividade GST é um importante biomarcador de exposição a POPs e HPAs.

Em relação ao sexo, a atividade GST foi significativamente maior em fêmeas (184,8 ± 37,4 ng g^{-1} lipídeos) quando comparada à observada em machos (156,8 ± 42,4 ng g^{-1} lipídeos) de *T. truncatus* (**Figura V-185-A**). Esta atividade maior em fêmeas sugere que estes animais apresentem uma maior capacidade de conjugação e potencialmente excreção, que pode estar relacionada aos menores níveis dos compostos orgânicos persistentes DDTs e PCBs no tecido adiposo das fêmeas (DDTs: 1291 ± 1481; PCBs: 5440 ± 7204 ng g^{-1} lipídeos), em relação aos machos (DDTs: 4658 ± 4744; PCBs: 13855 ± 11639 ng g^{-1} lipídeos) (**Figura V-185**). Embora existam poucos estudos com cetáceos, diferenças entre os sexos na atividade GST, basal ou induzida, não foram observadas. Baleias-piloto-de-aleta-curta (*Globicephala macrorhynchus*) expostas a poluentes ambientais, como organohalogenados, não apresentaram diferenças na atividade GST entre sexos (HOYDAL et al., 2018). Similarmente, Bengston Nash e colaboradores (2014) não observaram diferenças na atividade GST entre machos e fêmeas de baleias jubarte (*Megaptera novaeangliae*).

Outra hipótese para explicar a diferença no padrão de bioacumulação de POPs entre os sexos dos cetáceos está relacionada à possibilidade de transferência parental desses compostos das fêmeas para os filhotes através da gestação, e, principalmente, pela amamentação (*i.e.* AGUILAR et al., 1999; JEPSON et al., 2016; YORDY et al., 2010).

Além da influência do sexo na atividade GST em tecido tegumentar de *T. truncatus*, também foi observada uma variação sazonal nos níveis de transcritos de *E2F1*, sendo maior em amostras de animais coletados no Outono/Inverno (83 ± 60 cópias.ng $cDNA^{-1}$) em comparação aos amostrados na Primavera/Verão (45 ± 26 cópias.ng $cDNA^{-1}$) (**Figura V-185-B**).

Estudos prévios mostraram alterações sazonais nos níveis de biomarcadores em cetáceos. Já foi observado que o perfil global de transcrição gênica na pele de *T. truncatus* sofre influência da sazonalidade, com genes, como *HSP70*, sendo mais transcritos no inverno (VAN DOLAH et al., 2015;

NEELY et al., 2018). Maiores níveis de transcritos de genes, especialmente associados aos sistemas de biotransformação de xenobióticos e defesa antioxidante, também foram observados em *T. truncatus* amostrados durante o inverno (RIGHETTI et al., 2019).

Tais variações podem estar relacionadas a mudanças metabólicas associadas à temperatura, fotoperíodo ou ao ciclo reprodutivo. No entanto, o reduzido conhecimento sobre a sazonalidade do ciclo reprodutivo das espécies oceânicas que constituem as amostras coletadas pelo PMC-BS, impossibilita, até o momento, conclusões sobre o tema.

Além da variação entre as estações do ano, também foi observada uma variação interanual nos níveis de transcritos de *HSP70* e *ESR2,* ambos com maiores níveis médios em 2018 (1296 ± 391 e 96 ± 49 cópias.ng cDNA^{-1}, respectivamente) quando comparados aos demais anos (2016: 946 ± 392 e 59 ± 18; 2017: 845 ± 436 e 55 ± 31; 2019: 739 ± 186 e 64 ± 20 cópias.ng cDNA^{-1}) (Figura V-185**-C** e **D**). No entanto, os resultados da variação dos biomarcadores ao longo dos anos de coleta ainda são preliminares e sua interpretação deve ser feita com cautela.

Paralelamente aos resultados das análises por grupo, os resultados da análise de correlação demonstraram a associação positiva entre a concentração de Mirex bioacumulado no tecido adiposo e os níveis de transcritos de *UGT1* no tegumento de *T. truncatus* (Figura V-186).

UGT1 codifica a proteína UDP-glicuronosiltransferase (UGT), responsável por catalisar a conjugação de ácido glicurônico a moléculas hidrofóbicas, como poluentes orgânicos. Desta maneira, a família das UGTs compreende enzimas essenciais pertencentes à fase II do sistema de biotransformação. Embora o metabolismo de Mirex em mamíferos não seja conhecido em sua totalidade, alguns trabalhos descreveram sua capacidade, bem como de seu análogo estrutural Clordecona, de induzir tanto a atividade monooxigenase de citocromos P450, quanto a expressão de diversas isoformas de CYPs, como CYP1A2, CYP2B10, CYP2E1 e CYP3A (BAKER et al., 1972; DAI et al., 2001). Desta maneira, Mirex parece ser capaz de induzir reações de fase I da biotransformação de xenobióticos. Righetti e colaboradores (2019) observaram associações positivas entre os níveis deste composto bioacumulado no tecido

adiposo de *T. truncatus* e os níveis de atividade GST, sugerindo que este organoclorado também seja capaz de induzir reações de fase II em tecido tegumentar de odontocetos. Assim, os resultados aqui mostrados corroboram os estudos supracitados, sugerindo maiores níveis de transcritos de *UGT1* em *T. truncatus* associados com maiores níveis de Mirex bioacumulados.

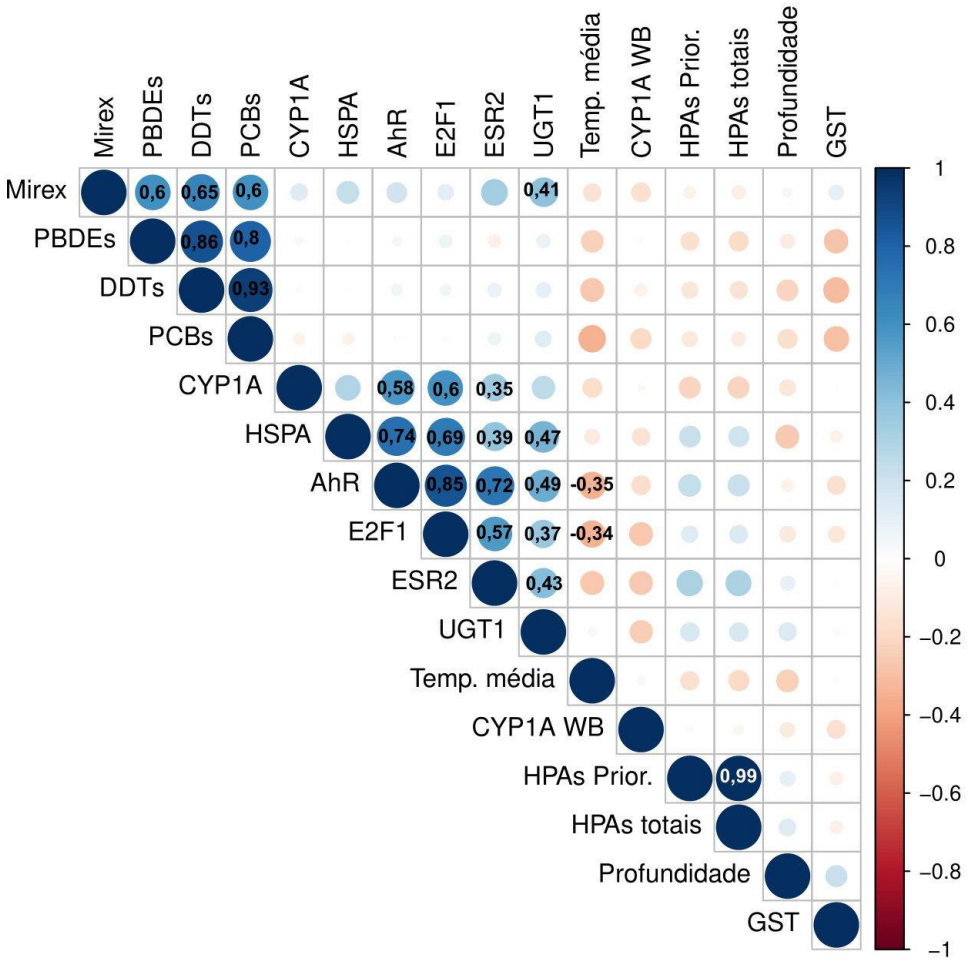


Figura V-186: *Correlação entre os biomarcadores avaliados em tecido tegumentar de* ***Tursiops truncatus*** *(CYP1A, E2F1, ESR2, HSPA, UGT1, AhR, CYP1A WB e GST) e os valores de temperatura média mensal no local de coleta, profundidade no local de amostragem, e os níveis de organohalogenados (Mirex, PBDEs, DDTs e PCBs), HPAs prioritários e HPAs totais bioacumulados no tecido adiposo de T. truncatus. Correlações significativas de Spearman (p < 0,05) estão sinalizadas com o valor do coeficiente de correlação dentro do círculo.*

É importante ressaltar que tanto as análises de correlação quanto a PCA mostraram uma correlação entre grande parte dos biomarcadores moleculares avaliados (*AhR, CYP1A, ESR2, E2F1, HSPA* e *UGT1*) entre si, bem como entre as diferentes classes dos organohalogenados (ΣPBDEs, ΣDDTs, Mirex e ΣPCBs) analisados (**Figura V-187** e **Figura V-188**).

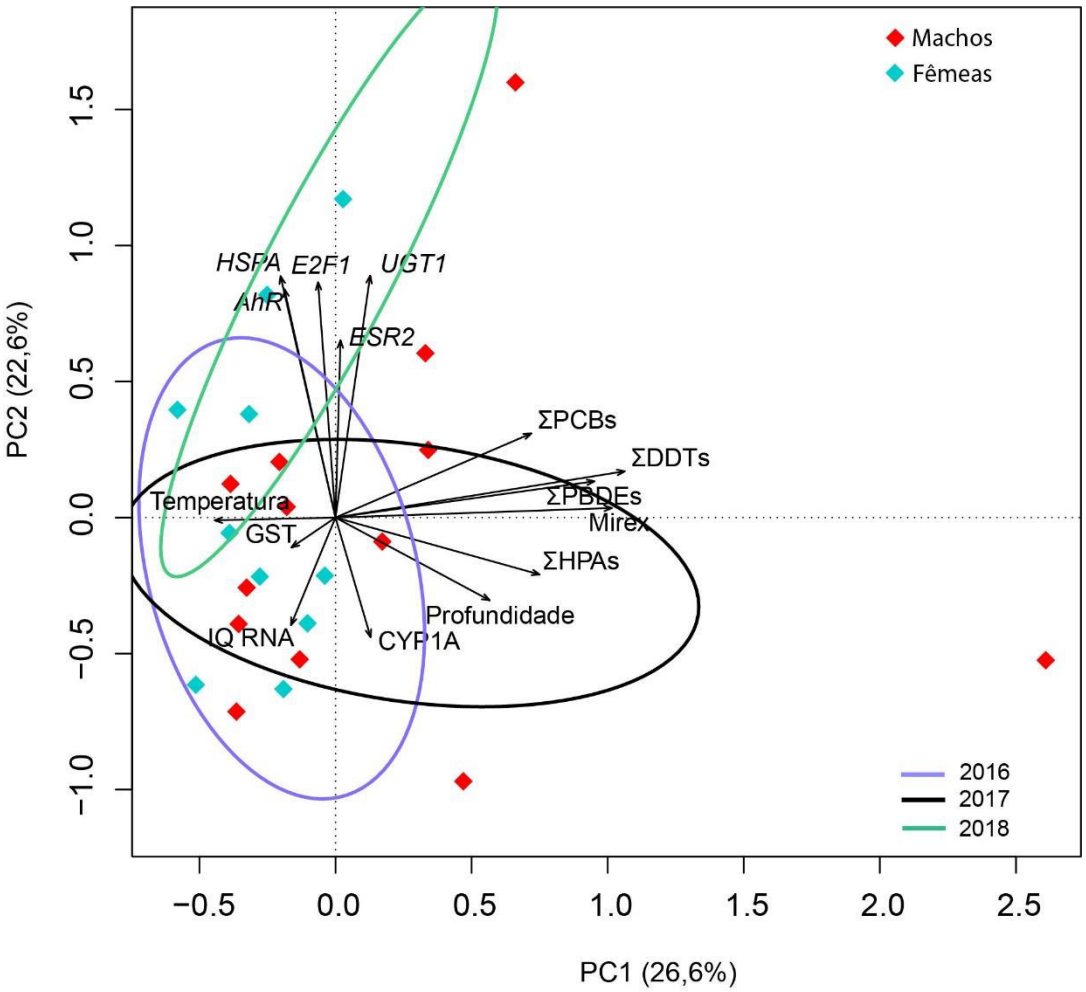


Figura V-187: *Análise de componentes principais (PCA) dos valores de biomarcadores bioquímicos e moleculares mensurados em tecido tegumentar de* ***Tursiops truncatus****. Losangos coloridos indicam indivíduos, categorizados com base no sexo, conforme legenda. Linhas sólidas indicam intervalo de confiança de 95% baseado no erro padrão dos valores de biomarcadores mensurados em indivíduos amostrados em 2016 (elipse roxa), 2017 (elipse preta) e 2018 (elipse verde). Os valores de POPs e HPAs abaixo do limite de detecção foram aleatorizados entre 0 – 0,01.*

A associação significativa entre os biomarcadores pode ser explicada pela interação funcional existente entre eles. O complexo AhR/ARNT é responsável pela ativação das zonas responsivas a xenobióticos (XREs), desencadeando a transcrição de diversos genes envolvidos na biotransformação de xenobióticos, como *CYP1A* e *UGT1* (MIMURA; FUJII-KURIYAMA, 2003). Paralelamente, *E2F* é modulado transcricionalmente por *ESR1* (WANG et al., 1999; NGWENYA; SAFE, 2003), e estudos indicam a ocorrência de diversos mecanismos de "*cross-talk*" entre a regulação exercida pelo ESR e pelo complexo AhR/ARNT em resposta aos contaminantes, estimulando a transcrição de genes envolvidos em vias metabólicas relacionadas à sua biotransformação e eliminação celular (SWEDENBORG; PONGRATZ, 2010).

Biomarcadores bioquímicos e moleculares em Stenella longirostris

Os resultados médios dos biomarcadores analisados em *S. longirostris* estão mostrados na **Tabela V-50**. Os fatores sexo, sazonalidade, ano de coleta, DDTs e PCBs influenciaram os biomarcadores avaliados neste estudo. Nenhuma diferença significativa foi observada nos biomarcadores, utilizando os HPAs e os POPs Mirex e PBDEs como fatores (**Anexo V.5.3-2**).

Tabela V-50: *Resumo dos resultados obtidos para as análises de biomarcadores bioquímicos e moleculares, de HPAs e de POPs em amostras tegumentares de* ***Stenella longirostris*** *(n = 48).*

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
GST (mU.min^{-1}.mgprt^{-1})	246,5	53,8	108,4	346,8
CYP1A - WB (UA)*	0,14	0,08	0,02	0,46
***AhR* (cópias.ng cDNA^{-1})**	168	42	90	276
***CYP1B - mol* (cópias.ng cDNA^{-1})**	4	3	1	15
***E2F1* (cópias.ng cDNA^{-1})**	43	15	14	86
***ESR2* (cópias.ng cDNA^{-1})**	12	4	4	26
***HSP* (cópias.ng cDNA^{-1})**	285	97	62	556
***UGT1* (cópias.ng cDNA^{-1})**	21	9	5	46
HPAs prioritários (ng g^{-1} lipídeos)	2039	2954	<LD	11768

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
HPAs totais (ng g^{-1} lipídeos)	2063	2955	<LD	11768
PCBs (ng g^{-1} lipídeos)	2311	2957	89	9036
DDTs (ng g^{-1} lipídeos)	1057	1776	42	5930
PBDEs (ng g^{-1} lipídeos)	160	149	<LD	394
Mirex (ng g^{-1} lipídeos)	187	284	<LD	1023

* UA: Unidades arbitrárias.
** A média dos POPs e HPAs foi calculada considerando-se apenas os resultados acima do limite de quantificação.

Os espécimes com níveis de ΣDDTs e ΣPCBs no tecido adiposo maiores que a mediana apresentaram níveis significativamente menores de transcritos de *ESR2* (8 ± 2 cópias.ng $cDNA^{-1}$), em relação ao grupo com níveis de ΣDDTs e ΣPCBs menores que a mediana (15 ± 6 cópias.ng $cDNA^{-1}$) (**Figura V-188**). Corroborando esse resultado, ΣDDTs, ΣPCBs e ΣPBDEs apresentaram correlação negativa significativa com os níveis de transcritos de *ESR2* (r = -0,73, r = -0,76 e r = -0,75, respectivamente) (Figura V-188).

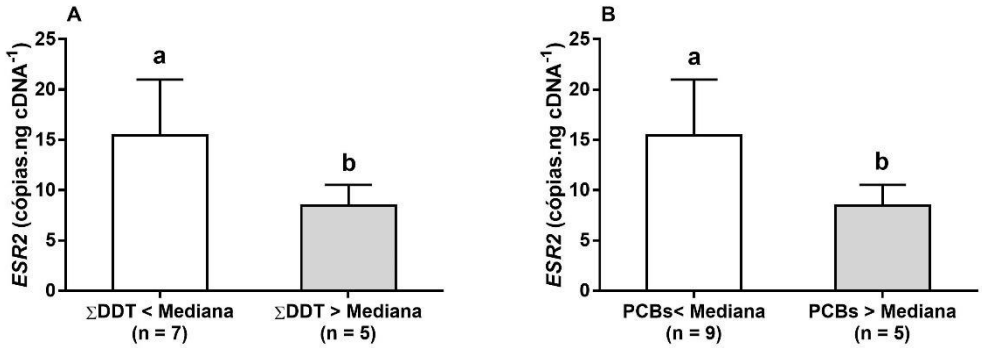


Figura V-188: *Nível de transcritos de ESR2 em biópsias de pele de* ***Stenella longirostris*** *classificadas de acordo com a mediana da concentração do somatório de (A) DDTs e (B) PCBs no tecido adiposo. Letras diferentes indicam diferença significativa (p < 0,05) no teste de Mann-Whitney.*

Estudos realizados com ratos tratados com PCB (PRIYA et al., 2017) e Aroclor, uma mistura de PCB (CECCATELLI et al., 2006) obtiveram um padrão de resposta similar aos obtidos para *S. longirostris*. Os animais tratados apresentaram uma redução no nível de transcritos de *ESRβ* (*ESR2*), embora o mesmo não tenha sido observado para *ESRα* (*ESR1*). Além disso, estudos com folículos ovarianos de porco mostraram uma diminuição na expressão de ESR2 quando expostos a uma alta concentração de PBDEs (GREGORASZCZUK et al., 2009), sugerindo que além de PCBs e DDTs, os PBDEs também podem modular a expressão de ESR2 (CECCATELLI et al., 2006; GREGORASZCZUK et al., 2009).

Embora nossos resultados indiquem que *ESR2* em *S. longirostris* possa estar sendo modulado em decorrência da exposição a compostos organohalogenados, os efeitos em cascata dessa inibição sobre os genes alvo do ESR ainda são desconhecidos, mas não se pode descartar a hipótese de poder ocorrer algum tipo de desregulação endócrina.

Conjuntamente, os resultados de correlação (**Figura 2-5**) e PCA (**Figura 2-6**) sugerem uma associação negativa entre os níveis de compostos orgânicos e os biomarcadores avaliados com o nível de transcritos de *ESR2* e *AhR* e atividade GST.

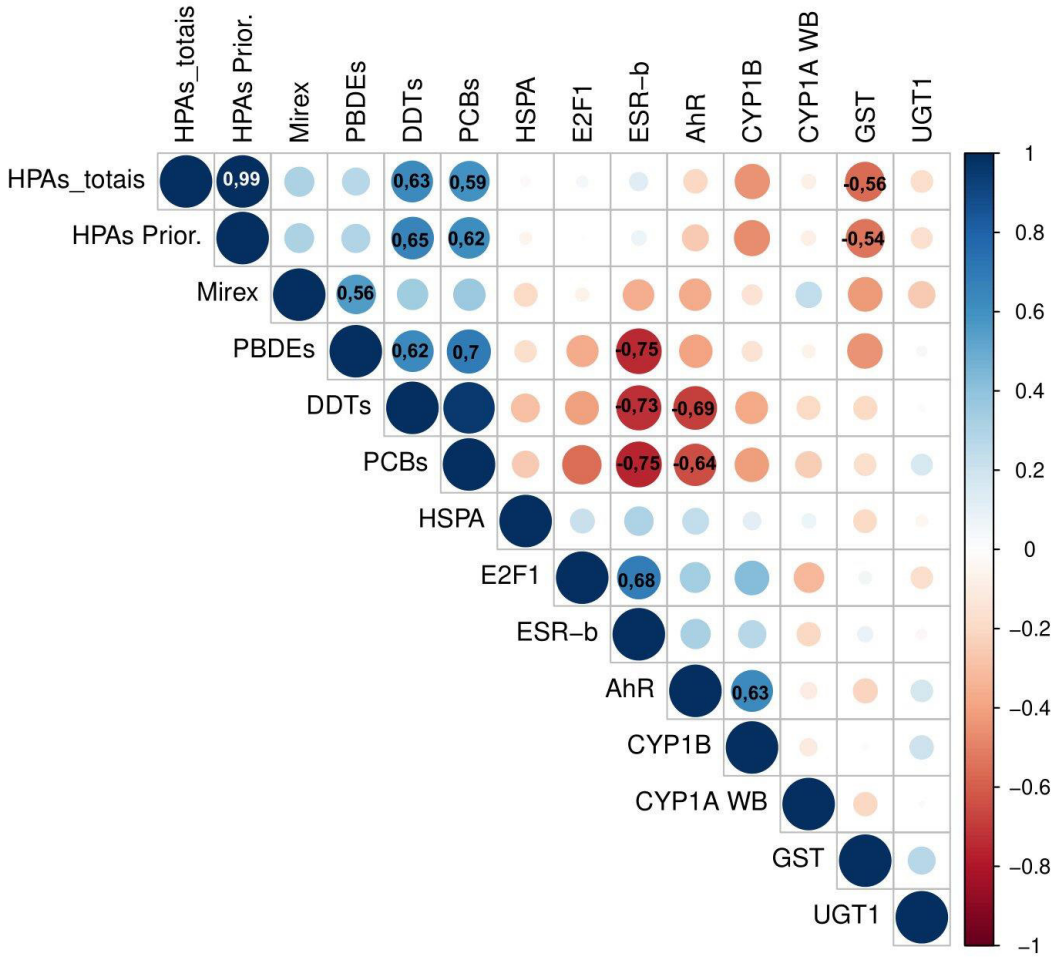


Figura V-189: *Correlação entre os biomarcadores avaliados em tecido tegumentar de* ***Stenella longirostris*** *(CYP1B, E2F1, ESR2, HSPA, UGT1, AhR, CYP1A WB e GST) e os níveis de organohalogenados (Mirex, ΣPBDEs, ΣDDTs e ΣPCBs), ΣHPAs prioritários e ΣHPAs totais bioacumulados no tecido adiposo de S. longirostris. Correlações significativas de Spearman (p < 0,05) estão sinalizadas com o valor do coeficiente de correlação dentro do círculo. OBS: ESR2 é o mesmo que ESR-b*

Os ΣDDTs e ΣPCBs apresentaram correlação negativa significativa com os níveis de transcritos de *AhR* (r = -0,67 e r = -0,61, respectivamente), e as concentrações do Σ16HPAs prioritários apresentaram correlação negativa com a atividade GST (Figura V-190).

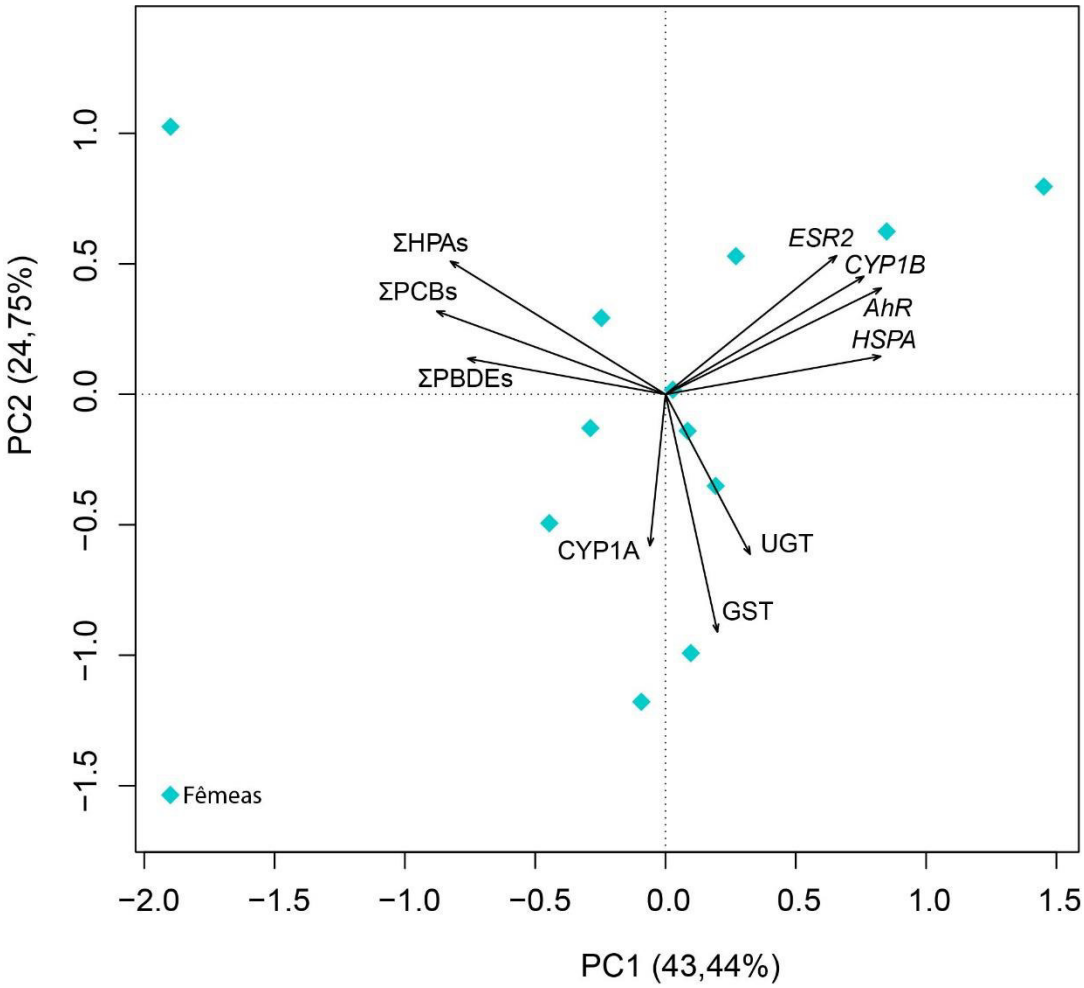


Figura V-190: *Análise de componentes principais (PCA) dos valores de biomarcadores bioquímicos e moleculares mensurados em tecido tegumentar de* ***Stenella longirostris*** *(n = 17). Losangos coloridos indicam indivíduos, categorizados com base no sexo, conforme legenda. Os valores de concentração dos poluentes orgânicos persistentes (POPs) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) abaixo do limite de detecção foram aleatorizados entre 0 – 0,01.*

A correlação negativa identificada entre os valores de atividade GST tegumentar e ΣHPAs no tecido adiposo pode ser decorrente de inibição enzimática, como observado no molusco *Ruditapes philippinarum* (LI et al., 2020). Dessa forma, animais com menor atividade nos sistemas de biotransformação podem apresentar níveis maiores de bioacumulação de compostos orgânicos no tecido adiposo. Dentro desse contexto, Tanabe e

colaboradores (1994) sugeriram que as altas concentrações de contaminantes observadas no tecido adiposo de cetáceos esteja associada à reduzida capacidade de desintoxicação deste grupo animal, especialmente para alguns grupos de congêneres de PCB.

Não está claro se a associação negativa entre os níveis de transcritos de *AhR* e os níveis dos compostos ΣDDTs e ΣPCBs seja uma relação causal (**Figura V-191**). Apesar dos mecanismos bioquímicos e moleculares de regulação por AhR sejam bem estabelecidos, pouco se sabe sobre a regulação do gene *AhR* em cetáceos e como ele pode ser afetado por contaminantes orgânicos (GARRISON; DENISON, 2000; RACKY et al., 2004).

Interessante observar que todas as correlações significativas entre as respostas de biomarcadores e os níveis de concentração de POPs bioacumulados foram negativas ($r < 0$).

As expressões dos citocromos P450 CYP1A e CYP1B1 são moduladas por AhR/ARNT e estão relacionadas à bioativação ou desintoxicação de muitos pró-carcinógenos e pró-mutágenos como os HPA e aril aminas em mamíferos (DI BELLO et al., 2007; GAO et al., 2011; MESSINA et al., 2012; 2013; TSUCHIYA et al., 2004; FUJII-KURIYAMA; MIMURA, 2005). No presente estudo foi detectada uma correlação positiva entre *CYP1B* e *AhR* (**Figura V-191**), sugerindo uma relação funcional entre o receptor AhR e o gene que codifica para *CYP1B.*

Além da possível relação com a exposição a POPs, a diferença observada no nível de transcritos de *CYP1B* pode estar associada a outros fatores ligados ao sexo (e.g. níveis de estrógeno endógeno). De fato, no presente trabalho foi observada uma diferença nos níveis de transcritos de *CYP1B* entre os **sexos**, sendo maior em fêmeas (4,8 ± 3,1 cópias.ng cDNA^{-1}) do que em machos (2,9 ± 1,4 cópias.ng cDNA^{-1}) (**Figura V-191-A**). Em humanos, por exemplo, já foram identificadas diferenças entre homens e mulheres na transcrição de genes de proteínas transportadoras e enzimas de biotransformação de fármacos, resultando em diferenças na absorção, distribuição, metabolismo e excreção desses compostos entre os sexos (YANG et al., 2012). De acordo com Kim et al. (2005), os níveis de transcrição de *AhR*, *CYP1A* e *CYP1B* são afetados por fatores biológicos, como o sexo e estágio de desenvolvimento.

Adicionalmente, em cultivo de linfócitos humanos, a expressão de *AhR, CYP1A1* e *CYP1B* é significativamente maior em células de fêmeas do que de machos (LIN et al., 2003).

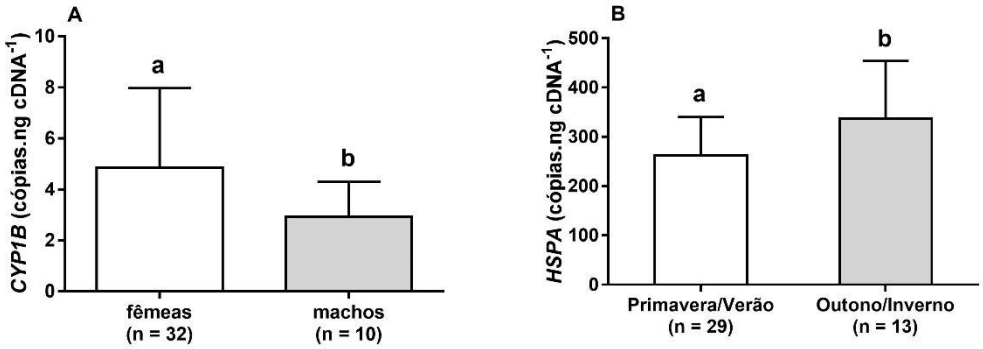


Figura V-191: *(A) Nível de transcritos de CYP1B em fêmeas e machos de* ***Stenella longirostris*** *e (B) nível de transcritos de HSPA em S. longirostris classificadas de acordo com a estação do ano de coleta da biópsia. Letras diferentes indicam diferença significativa (p < 0,05) no teste de Mann-Whitney.*

Estudos prévios demonstraram que, em mamíferos, CYP1B1 é constitutivamente expresso em diversos órgãos estereidogênicos e responsivos ao estrógeno, como testículos, próstata, glândulas adrenais, mamas, ovário e útero (TSUCHIYA et al., 2004; MESSINA et al., 2012). Em humanos, é também uma enzima chave para o metabolismo do 17β-estradiol (E2), potencialmente atuando no controle metabólico da homeostase de estrogênio (TSUCHIYA et al., 2004).

Tsuchiya e colaboradores (2004) demonstraram que o E2 induz a transcrição de *CYP1B1* em células ESR-positivas (com receptor de estrógeno), mediado pela interação direta de ESRα com os elementos responsivos a estrógenos (ERE) no gene *CYP1B1* (TSUCHIYA et al., 2004). Ainda nesse estudo, foi demonstrado que antagonistas do ER, como o 4-hidroxitamoxifeno (4-OHT) e 7α-[9(4,4,5,5,5-pentafluoropentilsulfonil)nonil] estra-1,3,5(10)-trieno-3,17β-diol (ICI), inibem a ativação transcricional de *CYP1B1* mediada por E2. Essas observações indicam que a expressão de ESR tem um papel crucial na ativação de *CYP1B1* mediada por E2 (TSUCHIYA et al., 2004).

Portanto, uma maior transcrição de *CYP1B* nas fêmeas de *S. longirostris*, quando comparada aos machos, pode estar associada aos níveis de estrógenos endógenos que, apesar de não terem sido medidos neste estudo, são naturalmente maiores em fêmeas.

A sazonalidade também influenciou significativamente os valores dos biomarcadores, sendo os níveis de transcritos de *HSP* maiores em golfinhos rotadores amostrados no outono/inverno (337 ± 117 cópias.ng cDNA^{-1}) que naqueles biopsiados na primavera/verão (262 ± 78 cópias.ng cDNA^{-1}) (**Figura V-191-B**). A influência sazonal já foi descrita em *T. truncatus*, em que cerca de 60% dos genes diferencialmente transcritos na pele variaram com a estação do ano (NEELY et al., 2018). De forma similar aos resultados obtidos nesse trabalho, Van Dolah et al. (2015) e Neely et al. (2018) observaram maiores níveis de transcritos de *HSP70* em amostras de *T. truncatus* coletados no inverno em relação às de primavera e verão.

Unal e colaboradores (2018) observaram maiores níveis de transcritos de *HSP* em pele de belugas (*Delphinapterus leucas*) coletadas na primavera em relação ao outono. Os autores propuseram uma relação entre os níveis de HSP e a sazonalidade reprodutiva (entre fevereiro e maio) e troca de pele desta espécie, que acontece no verão (UNAL et al., 2018). No entanto, devido à ausência de estudos sobre biologia reprodutiva e mudas de pele na população de *S. longirostris* da Bacia de Santos, não foi possível relacionar esses fatores com os níveis de transcritos de *HSP* quantificados neste trabalho.

Os resultados de correlação (**Figura V-191**) e PCA **(Figura V-192**) mostram uma associação positiva entre os diversos POPs bioacumulados. Também foi observada correlação positiva entre os biomarcadores moleculares mensurados em *S. longirostris*, especialmente entre os níveis de transcritos de *E2F1* e *ESR2.*

Sabe-se que o receptor E2F é modulado transcricionalmente por ESR1 (WANG et al., 1999; NGWENYA; SAFE, 2003) e que o AhR é capaz de diminuir a atividade transcricional de ESR1 (VONDRÁCEK et al., 2005; GÖTTEL et al., 2014). Com base nesses estudos, pode-se observar que a correlação positiva entre ESR2 e E2F em *S. longirostris* pode ser consequência da ação antiestrogênica dos PCB. Os PCB são capazes de diminuir simultaneamente

o nível de transcritos de ESR2 e, via AhR, diminuir a atividade transcricional de ESR1, causando uma diminuição de transcritos de seus genes alvo (e.g. E2F) (VONDRÁCEK et al., 2005; GÖTTEL et al., 2014). Dessa forma, o efeito combinado dos PCB no nível de transcritos de ESR2 e E2F poderia explicar a correlação positiva entre esses genes.

Além de variação sazonal, foi observada uma variação interanual no valor médio de alguns biomarcadores. O nível de transcritos do *ESR2* foi maior nos golfinhos biopsiados em 2016 (16 ± 6 cópias.ng cDNA^{-1}) em relação aqueles amostrados em 2018 (10 ± 3 cópias.ng cDNA^{-1}). No entanto, ambos foram similares aos de 2017 (12 ± 3 cópias.ng cDNA^{-1}) (**Figura V-192**). O nível de transcritos de *E2F1* foi maior em animais amostrados em 2016 (60 ± 21 cópias.ng cDNA^{-1}) e 2017 (45 ± 14 cópias.ng cDNA^{-1}) em relação a 2018 (33 ± 8 cópias.ng cDNA^{-1}). Adicionalmente, o nível de transcritos de *HSP* foi maior nos golfinhos biopsiados em 2016 (398 ± 91 cópias.ng cDNA^{-1}) e 2018 (312 ± 88 cópias.ng cDNA^{-1}) em relação aos amostrados em 2017 (233 ± 69cópias.ng cDNA^{-1}) (**Figura V-192**).

Os resultados da variação dos biomarcadores ao longo dos anos de coleta pelo PMC-BS ainda são preliminares. No entanto, os dados relacionados às análises interanuais poderão ser utilizados como uma linha de base para comparação de dados em eventuais futuros monitoramentos envolvendo poluentes orgânicos no Oceano Atlântico sul.

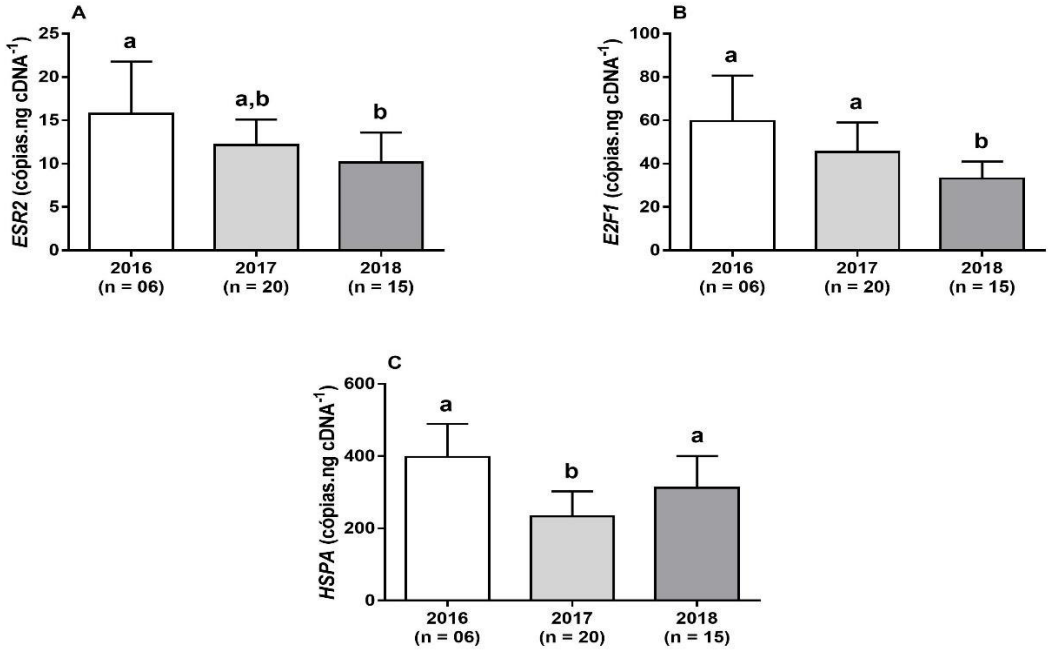


Figura V-192: *Nível de transcritos de (A) ESR2, (B) E2F1 e (C) HSPA em biópsias de pele de* ***Stenella longirostris*** *coletadas no âmbito do PMC-BS. As amostras foram agrupadas de acordo com o ano de coleta da biópsia. Letras diferentes indicam diferença significativa (p < 0,05) e letras iguais indicam ausência de diferença no teste de Kruskall-Wallis sucedido pelo teste de Dunns.*

Biomarcadores bioquímicos e moleculares em Balaenoptera brydei e comparação com odontocetos

Devido ao reduzido tamanho amostral (n = 7), não foram confeccionados histogramas de distribuição dos dados de biomarcadores mensurados em *B. brydei*. Os valores médios, desvio padrão, bem como os valores mínimos e máximos obtidos para cada biomarcador analisado são apresentados na **Tabela V-51**.

Tabela V-51: *Resumo dos resultados obtidos para as análises de biomarcadores bioquímicos e moleculares, de HPAs e de POPs em amostras tegumentares de* ***Balaenoptera brydei*** *(n = 7).*

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
GST (mU.min^{-1}.mgprt^{-1})	240,1	43,0	199,0	303,9
CYP1A - WB (UA)*	0,32	0,14	0,16	0,54
AhR (cópias.ng cDNA^{-1})	84	18	60	108
***CYP1A - mol* (cópias.ng cDNA^{-1})**	0,81	0,16	0,58	1,08
***E2F1* (cópias.ng cDNA^{-1})**	15,42	6	6	23
***ER* (cópias.ng cDNA^{-1})**	3,55	1	2	6
***HSP* (cópias.ng cDNA^{-1})**	287	90	145	411
***UGT* (cópias.ng cDNA^{-1})**	15	7	5	24
HPAs prioritários (ng g^{-1} lipídeos)	60	4	<LD	63
HPAs totais (ng g^{-1} lipídeos)	60	4	<LD	63
PCBs (ng g^{-1} lipídeos)	325	405	<LD	927
DDTs (ng g^{-1} lipídeos)	104	72	<LD	156
PBDEs (ng g^{-1} lipídeos)	-	-	<LD	<LD
Mirex (ng g^{-1} lipídeos)	-	-	<LD	<LD

*UA: Unidades arbitrárias.
** A média dos HPAs e POPs foi calculada considerando-se apenas os resultados acima do limite de quantificação.
- não foi possível obter a média e desvio padrão pois todos os animais estavam abaixo do limite de detecção.

O pequeno número amostral também impediu que fossem realizadas estatísticas inferenciais para avaliar a influência do sexo, sazonalidade ou ano de coleta sobre as respostas de biomarcadores em amostras de baleia-de-bryde. No entanto, a existência de dados de biomarcadores em *T. truncatus* e *S. longirostris* possibilitou uma comparação entre as respostas dos biomarcadores nestas três espécies de cetáceos.

Os valores médios de biomarcadores analisados em *T. truncatus*, *S. longirotris* e *B. brydei* são apresentados na **Tabela V-52**. Diferenças entre os valores médios de cada espécie ($p < 0,05$) são sinalizados com letras sobrescritas. Níveis de transcritos de *CYP1A* só puderam ser comparados

entre *T. truncatus* e *B. brydei*, pois em *S. longirostris* foi mensurada a transcrição de *CYP1B*. Similarmente, níveis de transcritos de *ESR-β* e de *UGT1* só puderam ser comparados entre *T. truncatus* e *S. longirostris*, pois em *B. brydei* foram quantificados os genes *ESR-α* e *UGT3*, respectivamente.

Tabela V-52: *Comparativo dos valores médios de biomarcadores bioquímicos e moleculares, poluentes orgânicos persistentes (POPs) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) mensurados em tecido tegumentar de* ***Tursiops truncatus, Stenella longirostris e Balaenoptera brydei****.*

Biomarcador	***Tursiops truncatus***	***Stenella longirostris***	***Balaenoptera brydei***
GST	173,2 ± 43[a]	246,5 ± 53,8[b]	240,1 ± 43,0[b]
CYP1A*_	0,20 ± 0,15[a,b]	0,14 ± 0,08[b]	0,32 ± 0,14[a]
AhR	191 ± 94[a]	168 ± 42[a]	83,63 ± 18[b]
CYP1A	0,86 ± 1,41	NA	0,81 ± 0,16
E2F1	60 ± 45[a]	43 ± 15[a]	15 ± 6[b]
ESR-β	66 ± 34[a]	12 ± 4[b]	NA
HSP70	946 ± 412[a]	285 ± 97[b]	289 ± 90[b]
UGT1	40 ± 26[a]	21 ± 9[b]	NA
HPAs prioritários (ng.g lipídeos^{-1})	3841±11483[a]	1912 ± 2899[a]	20 ± 26[b]
HPAs totais (ng.g lipídeos^{-1})	4447 ± 12514[a]	1934 ± 2900[a]	20 ± 26[b]
PCBs (ng.g lipídeos^{-1})	9998 ± 10563[a]	2310 ± 2957[a,b]	217 ± 356[b]
DDTs (ng.g lipídeos^{-1})	2760 ± 3923[a]	1057 ± 1776[a,b]	52 ± 73[b]
PBDEs (ng.g lipídeos^{-1})	241 ± 321	102 ± 141	-
Mirex (ng.g lipídeos^{-1})	396 ± 1100	147 ± 262	-

*Expressão proteica
NA: Isoforma não mensurada na espécie
- Média não calculada pois todos os animais apresentaram níveis <LD

Alguns biomarcadores variaram significativamente entre as espécies analisadas. Os valores médios dos níveis de transcritos de *HSP70*, *ESR-β* e *UGT1* foram maiores em *T. truncatus* quando comparados aos obtidos para as duas outras espécies. Níveis de transcritos de *AhR* e *E2F1* foram maiores nas

duas espécies de odontocetos (*T. truncatus* e *S. longirostris*) quando comparados aos valores do misticeto *B. brydei*.

Interpretados em conjunto, tais resultados sugerem maiores níveis de biomarcadores em espécies que ocupam maior nível trófico. Diversos trabalhos sugerem que odontocetos ocupam, em geral, nível trófico mais elevado que misticetos (PAULY et al., 1998 para compilação de dados de dieta). Análises de isótopos estáveis sugerem que, apesar do hábito alimentar oportunista, *B. brydei* alimenta-se em nível trófico menor quando comparado às espécies de odontocetos (NIÑO-TORRES et al., 2014). Similarmente, níveis de $\delta^{15}N$ indicam que *T. truncatus* alimenta-se em nível trófico mais elevado que diversas outras espécies de odontocetos, inclusive *S. longirostris* (KISZKA et al., 2010; BISI et al., 2013).

Embora as diferenças observadas possam ser parcialmente explicadas por distintos padrões metabólicos das espécies, a associação positiva entre o nível trófico e os valores de biomarcadores pode refletir diferenças na exposição aos xenobióticos.

Dados da literatura sugerem que espécies de cetáceos que se alimentam em maior nível trófico apresentam, em geral, níveis maiores concentrações de organohalogenados em seus tecidos, em função do processo de biomagnificação (MARSILI; FOCARDI, 1996; FOSSI et al., 2014). Os valores médios de PCB, DDTs e HPA observados para *S. longirostris* (PCB: 2311 ± 2957; DDTs: 1057 ± 1776; HPA: 1912 ± 2899 $ng.g^{-1}$ lipídeos), *B. brydei* (PCB: 217 ± 356; DDTs: 52 ± 73 $ng.g^{-1}$ lipídeos) e *T. truncatus* (PCB: 9998 ± 10564; DDTs: 2760 ± 3923; HPA: 3841 ± 11483 $ng.g^{-1}$ lipídeos) coletados no âmbito do PMC-BS também parecem suportar essa hipótese. Na análise comparativa das três espécies, níveis de HPAs prioritários são significativamente mais elevados nas duas espécies de odontocetos, quando comparados a *B. brydei*, e os níveis de DDTs e PCBs são significativamente mais elevados em *T. truncatus* em comparação aos valores médios observados em *B. brydei* (**Figura V-193**).

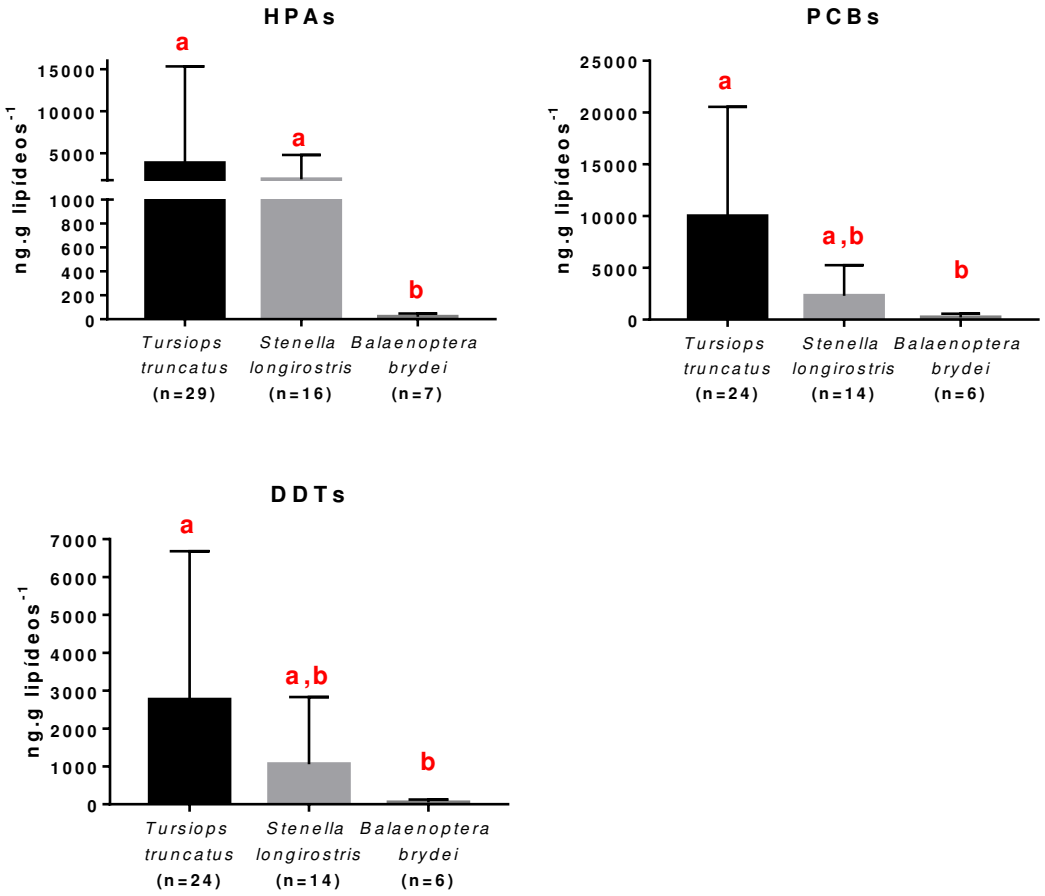


Figura V-193: *Níveis de (A) ΣHPA prioritários, (B) ΣPCBs (C) ΣDDTs bioacumulados em tecido adiposo de* ***Tursiops truncatus, Stenella longirostris e Balaenoptera brydei*** *coletadas no âmbito do PMC-BS. Letras diferentes indicam diferenças significativas (p < 0,05) de acordo com teste Kruskal-Wallis.*

Ao contrário do observado para os demais biomarcadores, níveis da proteína CYP1A em *B. brydei* foram, em média, maiores que aqueles observados para *S. longirotris* e semelhantes aos observados em *T. truncatus*. Esse resultado está de acordo com o descrito em estudos prévios, que observaram altos níveis de expressão de CYP1A e CYP2B em *Balaenoptera edeni,* similares aos identificados em algumas espécies de odontocetos, tais como *T. truncatus*, *Orcinus orca* e *Delphinus capensis* (FOSSI et al., 2010;

2014). Entretanto, os mesmos autores reportaram níveis de contaminantes orgânicos menores em *B. brydei* em relação aos odontocetos, sugerindo a existência de uma elevada capacidade de biotransformação de xenobióticos em tecido tegumentar de baleia-de-bryde.

Adicionalmente, para os resultados obtidos no âmbito do PMC, a atividade GST de *B. brydei* foi estatisticamente maior que em *T. truncatus* (**Tabela V-52**).

Entretanto, em cetáceos a GST é pouco estudada, e foi recentemente associada à função antioxidante contra o desafio oxidativo resultante de transições frequentes, e muitas vezes bruscas, de hipóxia e reperfusão durante o mergulho (TIAN et al., 2019). Em uma tentativa de compreender o papel da GST em baleias migratórias e sua possível relação com exposição ambiental a organoclorados, Bengston Nash et al. (2014) quantificaram biomarcadores de fase I e II em pele de baleia jubarte, *Megaptera novaeangliae*. Os autores observaram uma menor atividade GST em animais migratórios que estavam sob restrição alimentar, sugerindo que o *status* nutricional pode influenciar na capacidade de desintoxicação de xenobióticos. No presente trabalho foi observada uma menor atividade GST em *T. truncatus* em relação a *S. longirostris* e *B. brydei*. Contudo, as três espécies aqui estudadas não apresentam comportamento migratório, o que descarta a influência deste fator nos resultados apresentados.

Adicionalmente, *T. truncatus* apresentou um maior nível de transcritos de *UGT1* quando comparado com *S. longirostris* (**Tabela V-52**). Recentemente, Saengtienchai et al. (2014) observaram uma expressiva variação na atividade catalítica da enzima entre 16 espécies de mamíferos terrestres, reforçando seu papel na susceptibilidade dos animais a contaminantes ambientais. Assim, a menor atividade GST e o maior nível de transcritos *UGT1* em tegumento de *T. truncatus* comparado a *S. longirostris* sugere que, em *Tursiops truncatus*, as enzimas UDP glicuronosiltransferases (e não as GSTs) podem desempenhar papel central na fase II de biotransformação, atuando como um mecanismo compensatório para lidar contra o potencial estresse químico ao qual os espécimes estejam enfrentando.

No **Anexo V.5.3-3** deste documento encontram-se quatro tabelas mostrando um resumo das principais correlações observadas entre os

biomarcadores e os parâmetros bióticos e abióticos das espécies *Tursiops truncatus* e *Stenella longirostris.*

Conclusões biomarcadores

- Os menores níveis de compostos persistentes orgânicos DDTs e PCB observados no tecido adiposo das fêmeas de *T. truncatus*, em relação aos machos, podem estar relacionados à maior atividade dos sistemas de conjugação de xenobióticos (Fase II da biotransformação), caracterizada pela maior atividade da GST nestes animais;
- De forma semelhante a outros estudos, foi observada uma variação sazonal nos níveis de transcritos gênicos (*E2F1*) em *T. truncatus*, sendo maiores nos animais coletado nas estações de Outono/Inverno, em comparação aos da Primavera/Verão. Tais respostas podem estar relacionadas a alterações metabólicas decorrentes da temperatura, fotoperíodo ou ao ciclo reprodutivo. No entanto, estudos adicionais são necessários para comprovar tais hipóteses.
- Resultados preliminares mostraram uma variação interanual nos níveis de transcrição de *HSP70* e *ESR2* em *T. truncatus,* ambos com maiores níveis médios em 2018, comparados aos anos anteriores. Tais dados comporão uma série de dados históricos para acompanhar se este padrão se mantém ao longo dos anos.
- Foi observada uma correlação positiva entre os níveis de Mirex no tecido adiposo de *T. truncatus* e o nível de transcritos do gene *UGT1* o que pode estar associado a um aumento na atividade dessa enzima de biotransformação.
- Foi observada uma forte correlação entre os biomarcadores moleculares avaliados (*AhR, CYP1A, ESR2, E2F1, HSPA* e *UGT1*) entre si, que pode ser explicada pela sua interação mecanística a nível molecular. Da mesma forma houve boa correlação entre os níveis das classes dos organohalogenados (ΣPBDEs, ΣDDTs, Mirex e ΣPCBs), sugerindo que quando presentes, todos os contaminantes seguiam um padrão semelhante integrado entre os indivíduos, ou seja, alguns indivíduos tinham níveis mais elevados da maior

parte destes contaminantes, enquanto os demais apresentavam valores inferiores de concentração.

- Os espécimes de *S. longirostris* que tiveram os maiores níveis de ΣDDTs e ΣPCB e ΣPBDE bioacumulados em gordura apresentaram os menores níveis de transcritos de *ESR2*, o que pode sugerir a possibilidade da ocorrência de algum tipo de desregulação endócrina na população analisada.
- A partir da avaliação estatística realizada dos dados obtidos dos biomarcadores bioquímicos e moleculares e os teores do Σ16HPAs prioritários e do ΣHPAs totais, para as diferentes espécies de cetáceos estudadas no âmbito do PMC, nenhuma relação causal foi observada entre os níveis desses compostos e os biomarcadores analisados..
- Através de análises de correlação e de componentes principais foi observada uma associação negativa entre os níveis de ΣDDTs e ΣPCB e os níveis de transcritos de *AhR* e dos Σ16HPAs prioritários com a atividade GST em *S. longirostris*. Com base nestes resultados, pode-se sugerir que nesta espécie os maiores níveis das respostas de biotransformação estejam contribuindo para a diminuição das concentrações destes contaminantes no tecido adiposo.
- Os níveis de transcritos de *CYP1B* foram maiores em epiderme de fêmeas de *S. longirostris* em relação aos machos, sugerindo uma variação biológica natural entre os sexos que pode estar associada aos níveis de estrógenos.
- Os níveis de transcritos de *HSP* em amostras epidérmicas de *S. longirostris* foram maiores no outono/inverno em relação aos amostrados na primavera/verão, mas o provável efeito dos fatores reprodução e renovação celular na ativação transcricional requer maior investigação.
- Os níveis de transcritos de *ESR2*, *E2F1* e *HSP* variaram ao longo dos anos de coleta.
- Os níveis de transcritos de *HSP70, ESR-β, UGT1, AhR e E2F1* foram maiores em odontocetos em relação ao misticeto *B. brydei*, sugerindo que as espécies que ocupam maior nível trófico e apresentam também os maiores níveis de ΣPCB e ΣDDTs possuem as maiores respostas de biomarcadores.
- O padrão dos sistemas de biotransformação de xenobióticos (níveis de biomarcadores bioquímicos e moleculares) diferiu entre as três espécies de

cetáceos analisadas. Enquanto *B. brydei* apresentou os maiores níveis da proteína CYP1A, *T. truncatus* apresentou os maiores níveis de transcritos de *UGT1* no tecido epidérmico.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

VI.1 Avanços obtidos em relação aos anos anteriores

Avistagem Embarcada

Apesar da paralisação na metade da campanha de avistagem 10 devido à pandemia de Covid-19, houve um incremento do esforço amostral e do número de detecções visuais de cetáceos na Bacia de Santos no último ano. Não foram detectadas novas espécies nas campanhas, mas houve uma segunda detecção da cachalote-anã (*Kogia sima*), uma espécie rara e elusiva. Pela primeira vez no PMC, a detecção visual desta espécie ocorreu simultaneamente à detecção acústica, o que é importante para a identificação acústica dos sinais.

Para a estimação de densidade e abundância destaca-se o incremento de duas campanhas, que aumenta a série temporal destes importantes parâmetros monitorados. Também vale ressaltar o aumento da precisão das estimativas de abundância e densidade em virtude do incremento do número de detecções, que permite um melhor ajuste das curvas de detecção.

Monitoramento Acústico Passivo (MAP)

O desenvolvimento de classificadores aplicados aos assovios de delfinídeos obteve resultados melhores neste ano em termos de sensibilidade do classificador (número de acertos por espécie). Os métodos analíticos também avançaram de forma que os classificadores estão se tornando cada vez mais generalistas no sentido de ter um bom desempenho quando assovios 'novos' (nunca vistos pelo classificador) são apresentados. O planejamento das etapas de seleção e processamento dos dados, de modo a evitar o enviesamento dos resultados, contribuíram para que os classificadores se tornassem cada vez mais confiáveis.

Métodos similares são planejados para serem aplicados aos cliques dos delfinídeos. Este relatório consolidou os registros de cliques para as espécies elusivas, inclusive com a confirmação visual de uma espécie (cachalote-anão), e novos registros de zifídeos, além dos cachalotes. Esta fauna oceânica tem importância ecológica em razão de seus hábitos de mergulhos profundos e alimentação na camada mesopelágica das águas da Bacia de Santos.

Avistagem Aérea

Neste relatório, a análise dos dados de sobrevoos para estimação da densidade e abundância combinou modelos de amostragem de distâncias e modelos de marcação-recaptura a fim de estimar a probabilidade de detecção na linha de transecção (ou seja, na distância zero). Ao invés de assumir uma detecção perfeita na linha, as estimativas de densidade e abundância foram corrigidas para misticetos e delfinídeos considerando o viés de percepção, que são os erros ocasionados por falha na detecçãos pelos observadores. Outra novidade este ano, com relação às avistagens, foi o registro da família Ziphiidae pela primeira vez nas campanhas de Avistagem Aérea.

Telemetria

No 5º ano, a telemetria apresentou os seguintes avanços: foram marcados 12 indivíduos no período, com destaque para a marcação de uma nova espécie (baleia-azul, *B. musculus*) e a primeira marcação com sucesso de uma baleia-fin (*B. physalus*). Os dois casos são registros inéditos para o Atlântico Sul. Em ambos os casos, a rota migratória dos indivíduos foi em direção ao sul. Os dados obtidos também permitiram ampliar o número de baleias-sei (*B. borealis*) marcadas (de 7 para 12 indivíduos), com destaque para o movimento de um indivíduo para o norte, na região da cadeia Vitória-Trindade, até então não registrado; de baleias-minke-Antárticas (*B. bonaerensis*), de 1 para 2 indivíduos, com destaque para o registro de rota migratória em direção ao sul; e de duas baleias-piloto-de-peitorais-curtas (*G. macrorhynchus*), de 1 para 3 indivíduos, sendo que os dois novos indivíduos foram marcados no mesmo grupo e permaneceram numa região específica do talude durante todo o

monitoramento. Com relação ao comportamento de mergulho, foram obtidos dados para a baleia-azul e baleia-fin, com o registro recorde de profundidade de mergulho para as duas espécies (387,5 e 209,5, respectivamente). Para a baleia-piloto-de-peitorais-curtas, os novos indivíduos marcados registraram a profundidade máxima de mergulho para a espécie na região, chegando a 927,5 metros, sendo que até então o registro máximo era de 435,5 m.

Fotoidentificação

O esforço de fotoidentificação apresentou os seguintes avanços neste relatório: foram realizados 15.877 novos registros fotográficos, com novos registros para 14 espécies. Com estes registros e comparações de catálogos com outros grupos de pesquisa, foram realizadas 20 novas reavistagens que descrevem padrões de movimento em pequena e larga escala. Destaque para a reavistagem uma baleia-jubarte entre a Bacia de Santos até a Península Antártica (padrão diferente do conhecido para a espécie), de um movimento de distanciamento da costa de um indivíduo de *Steno bredanensis* (padrão diferente do descrito com os dados anteriores do PMC), e das primeiras reavistagens de *Stenella longirostris* e *Delphinus delphis*. O acompanhamento de lesões de pele consolidou o padrão de baixa ocorrência e prevalência, com exceção do surto de *Xenobalanus globicipitis*, uma craca epibionte, que aparece nos registros fotográficos a partir de 2018. O acompanhamento deste surto indica que o monitoramento de lesões por fotoidentificação é capaz de identificar anomalias de prevalência de lesões, caso ocorram.

Genética

O número de espécies amostradas se elevou neste relatório de 19 para 20 com a biópsia da baleia-minke-anã (*Balaenoptera acutorostrata*) na 10ª Campanha de Avistagem e MAP. O aumento das amostras de genética permitiu elevar o número de espécies avaliadas tanto para a diversidade genética (mitocondrial e nuclear), de 14 para 16 espécies (incluindo *Orcinus orca* e *Physeter macrocephalus*), quanto para a proporção sexual, de 9 para

11 espécies avaliadas (incluindo *Globicephala macrorhynchus* e *Stenella clymene*).

O aumento do número amostral do golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) e do golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) também proporcionou análises de estrutura genética populacional mais robustas para essas espécies. Por último, destaca-se a inclusão das estimativas de tamanho efetivo contemporâneo para as três espécies de delfinídeos (*S. frontalis*, *S. longirostris* e *T. truncatus*) bem amostrados, apresentada pela primeira vez neste relatório.

Análise integrada dos dados

Um dos avanços neste relatório foi a incorporação do banco de dados do Projeto de Monitoramento de Praias (PMP-BS), executado pela Petrobras como condicionante das atividade de produção e escoamento de petróleo e gás natural na Bacia de Santos, na descrição qualitativa da comunidade de cetáceos da Bacia de Santos. Uma comparação quali-quantitativa mais aprofundada entre dados obtidos no PMP e PMC será incluída no 6° Relatório Anual.

Ao integrar todas as plataformas de coleta de dados do PMC (campanhas de avistagem embarcada e MAP, campanhas de avistagem aérea, campanhas de telemetria), foi possível consolidar um banco de dados significativo e realizar modelagens de distribuição potencial para 17 táxons de cetáceos, apresentada pela primeira vez neste relatório. Este banco de dados integrado para as espécies também foi usado para descrever a sazonalidade da ocorrência e frequência de detecções das espécies mais frequentes.

O número de variáveis utilizadas para a modelagem de habitats considerando possíveis interferências antrópicas foi ampliado para 29, sendo 17 ambientais e 12 antrópicas. Destaca-se o incremento do número de variáveis antrópicas, com distinção do tráfego de embarcações da Petrobras e de outras empresas (dados fornecidos pelo PMTE-BS), utilização de diferentes faixas de frequência de ruídos na modelagem (dados fornecidos pelo PMPAS-BS) e inclusão dos dados de capturas pela pesca industrial e artesanal (dados

fornecidos pelo PMAP-BS), os quais foram incluídos pela primeira vez neste relatório.

Por fim, a apropriação dos dados de vocalizações de cetáceos do PMPAS-BS, conforme previam as discussões de integração dos projetos, produziu resultados promissores. As vocalizações muitas vezes foram de boa qualidade e com um variado reportório acústico demonstrado pelos dados. Por sua vez, os dados de vocalizações de misticetos serão analisados mais detalhadamente para identificar as espécies. Ressalta-se o caráter complementar dos dados de vocalizações de misticetos para a Sonoteca do PMC-BS, o que amplia os estudos de bioacústica na Bacia de Santos.

VI.2 Avaliação Crítica dos Resultados Orientada para os Objetivos

Ampliar o grau de conhecimento sobre a riqueza e a distribuição de espécies de cetáceos na Bacia de Santos.

As campanhas de avistagem embarcada têm contribuído de forma efetiva na descrição da comunidade de cetáceos, com amostragem sistemática cobrindo o amplo gradiente de habitats existentes na Bacia de Santos. Este tipo de campanha foi a que apresentou a maior riqueza de espécies no PMC, com 25 espécies registradas. As campanhas de telemetria também contribuíram no registro de espécies, com identificação de 23 espécies. A sua maior flexibilidade metodológica nas rotas amostrais e aproximação dos grupos permite um maior tempo de observação e coleta de mais amostras.

A genética molecular confirmou a identificação de 20 das 27 espécies de cetáceos identificadas na Bacia de Santos. Além disso, a identificação molecular contribuiu efetivamente para identificar duas espécies (*Delphinus delphis* e *Globicephala macrorhynchus*) de difícil identificação em campo, e permitiu as elucidações da espécie de baleia-de-Bryde (*Balaenoptera brydei*) e das subespécies de baleia-azul (*B. musculus intermedia*) e de baleia-minke-anã (*B. acutorostrata* unnamed subsp.) que ocorrem na Bacia de Santos. A identificação molecular também corrigiu eventuais falhas na identificação de amostras coletadas de quatro espécies em contexto de grupos mistos.

A contribuição do Monitoramento Acústico Passivo (MAP) para diversos objetivos específicos do PMC-BS, incluindo o presente, está associada à capacidade de realizar detecções de espécies que possam ser identificadas acusticamente. Este objetivo vêm sendo atingido principalmente para os táxons elusivos (de comportamento arredio e difícil detecção visual), que começam a acumular registros acústicos. Apesar dos pouquíssimos registros de avistagem, as detecções acústicas de grupos como os kogídeos e zifídeos se acumulam nestes cinco anos de PMC, sendo famílias importantes da comunidade de cetáceos que utilizam as águas profundas da Bacia de Santos.

A classificação de espécies de delfinídeos usando os assovios também vem melhorando progressivamente, por meio da coleta simultânea e complementar de dados acústicos e visuais. Uma vez que classificadores robustos sejam desenvolvidos, o potencial de uso dos dados de MAP para o conhecimento sobre riqueza e distribuição dos delfinídeos é muito grande. Os delfinídeos são um dos principais grupos de cetáceos da Bacia de Santos, e os assovios são o tipo de vocalização mais detectado pelo PMC-BS. A ampliação de espécies identificadas no MAP através do desenvolvimento de classificadores de assovios pode contribuir para informações mais refinadas da ecologia das espécies.

Destaca-se também a integração com outro projeto da Petrobras para avaliação de impactos, o Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos (PMPAS-BS). As vocalizações da biota marinha registradas pelo PMPAS-BS estão sendo analisadas pela equipe do PMC-BS, com potencial de melhorar a compreensão do repertório acústico das espécies, principalmente em relação aos misticetos. As informações são complementares aos dados do PMC-BS, uma vez que o MAP não consegue fazer registros de misticetos por causa do ruído da embarcação nas baixas frequências, que é justamente a faixa de produção de sons dos misticetos. Os dados do PMPAS-BS ampliam os estudos das vocalizações para todos os grupos de cetáceos da Bacia de Santos e podem colaborar na produção de informações sobre ocorrência, distribuição, movimentos migratórios e comportamento dos misticetos.

Estimar a densidade e a abundância das espécies de cetáceos mais comuns na Bacia de Santos, por meio da implementação e avaliação de métodos complementares.

Os dados coletados nas Campanhas de Avistagem Embarcada produziram informações importantes sobre densidade e abundância de misticetos, delfinídeos e mais três espécies de cetáceos (baleia-jubarte, golfinho-nariz-de-garrafa e golfinho-pintado-do-Atlântico). Espera-se ampliar o número de espécies com estimativas nos próximos anos. A realização destas campanhas de forma padronizada ao longo dos anos está permitindo formar

uma série temporal robusta com estimativas das populações de cetáceos que ocorrem na Bacia de Santos e, em longo prazo, permitirá identificar tendências de aumento ou declínio nestas populações.

Os dados coletados nas Campanhas de Avistagem Aérea possibilitaram estimar densidade e abundância agrupadas em misticetos e delfinídeos. Porém, devido à dificuldade na identificação taxonômica, até a décima campanha o número de detecções para cada espécie ainda era insuficiente para gerar estimativas específicas. Espera-se conseguir gerar estimativas para a baleia-jubarte no próximo ano. As estimativas com base em sobrevoos, principalmente para delfinídeos, têm se mostrado consideravelmente maiores do que as estimativas baseadas nas campanhas embarcadas, e esta diferença entre estimativas deve ser melhor investigada.

As estimativas do tamanho efetivo contemporâneo das populações de *S. longirostris*, S*. frontalis* e *T. truncatus* fornecem informações importantes sobre a viabilidade populacional dessas espécies, e auxiliarão o monitoramento dessas populações em longo prazo.

Em relação à fotoidentificação, até o momento foi possível iniciar a elaboração de catálogos de referência para 26 espécies, ou seja, todas as espécies com exceção da baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*). Seis desses catálogos já apresentam mais de 100 indivíduos. Entretanto, a maioria não possui sinal de estabilização conforme aumenta o esformo amostral. Este resultado depende da “recaptura” de indivíduos (registro de foto-ID de um mesmo indivíduo em mais de um dia de campo). A expectativa é que o número de reavistagens continue aumentando com a ampliação do número de indivíduos por catálogo, mas ainda não parece perto da suficiência amostral necessária para aplicação de modelos de marcação-recaptura e estimação de parâmetros populacionais. Este resultado poderá ser atingido no médio/longo prazo para algumas espécies, a depender de um número adequado de reavistagens, geralmente superior a uma taxa de 10% de recaptura.

Levantar informações sobre o uso de habitats de algumas espécies, implementando diferentes métodos conjuntamente e testando a eficácia dos mesmos.

Todas as plataformas amostrais do PMC (embarcadas ou áereas, detecções visuais ou acústicas) contribuíram para a caracterização do uso de habitat pelas espécies ou táxons de cetáceos que ocorrem na Bacia de Santos. Estes métodos têm sido aplicados com sucesso de forma integrada e complementar.

A telemetria satelital contribuiu até o momento com dados de movimentos de 46 indivíduos de 13 espécies, que permitiram a descrição de padrões de movimento em diferentes escalas, incluindo rotas migratórias, bem como padrões de residência e fidelidade individual a áreas específicas. A telemetria é a principal estratégia do projeto para a obtenção de dados referentes ao uso da coluna d'água, trazendo informações sobre a profundidade de mergulho das espécies e tempo de permanência em diferentes faixas de profundidade. Neste sentido, foram obtidas informações para 48 indivíduos de 11 espécies.

Para avaliar os movimentos, fidelidade ao uso e residência em certas regiões da Bacia de Santos, a foto-identificação é aplicada de forma integrada à telemetria satelital. Até o 10º ciclo foram realizadas 146 reavistagens de indivíduos diferentes de 14 espécies, permitindo algumas discussões sobre deslocamentos individuais em escalas diversas e padrões de fidelidade ao uso de determinadas áreas.

Embora preliminares, os resultados da estrutura de populações por genética auxiliam na compreensão sobre a distribuição e o uso de habitat das populações de *S. frontalis* e *T. truncatus* que ocorrem tanto nas áreas costeiras quanto oceânicas da Bacia de Santos.

Obter informações sobre padrões comportamentais de algumas espécies, buscando avaliar, quando possível, a suscetibilidade destas diante de atividades antrópicas.

Os transmissores satelitais e arquivais (DTAGs e Cats Cam), são a principal estratégia do projeto para a obtenção de dados sobre o comportamento de mergulho das espécies, trazendo informações sobre a profundidade de mergulho, proporção dos diferentes tipos de mergulhos realizados, duração de mergulhos e comportamento acústico durante o mergulho (arquivais). Neste sentido, foram obtidas informações por meio da transmissores satelitais para 11 espécies e 48 indivíduos e por meio dos transmissores arquivais para 9 espécies e 20 indivíduos.

O repertório acústico das espécies de cetáceos também vem sendo descrito com sucesso por meio da aplicação de diversas técnicas de registro acústico, como os cabos rebocados em campanhas embarcadas, gravações oportunísticas em campanhas de telemetria com hidrofone e gravador portátil, transmissores arquivais dotados de hidrofones e, mais recentemente, com os dados obtidos pelas diferentes instrumentações usadas no PMPAS-BS.

Avaliar o grau de contaminação existente em diferentes espécies de cetáceos por diferentes tipos de agentes químicos.

No presente relatório houve diversos avanços na descrição da presença e dosagem de HPA e biomarcadores em relação aos resultados apresentados nos relatórios anteriores. Destacamos os diversos resultados obtidos sobre HPA para diferentes espécies e, vencida a etapa de padronização dos biomarcadores, a apresentação de resultados para três espécies de cetáceos que se alimentam na Bacia de Santos. O monitoramento dos níveis de contaminação por HPAs vai no encontro do objetivo principal do PMC, que diz respeito à avaliação das interferências antrópicas sobre os cetáceos na Bacia de Santos.

Avaliar o estado de saúde de cetáceos, por meio de registro de lesões epidérmicas ou traumas, que possam ser identificados pela aplicação da técnica de foto-identificação.

Embora o número de lesões registradas pelo esforço de fotoidentificação continue não sendo alto, as informações geradas mostram-se complementares e com potencial de identificar as lesões com maior frequência de ocorrência ou mesmo casos ocasionais de interesse. Assim, o monitoramento de lesões e condição corporal, associado a outras informações, poderá contribuir para avaliação do estado de saúde, bem como identificar as lesões mais frequentes e suas possíveis causas, ou ainda, um aumento não esperado na prevalência de alguma lesão específica. Como exemplo, há o aumento repentino na prevalência de *Xenobalanus globicipitis*, uma craca epibionte obrigatória exclusiva de baleias e golfinhos, e que foi registrada em 119 indivíduos de 13 espécies diferentes na Bacia de Santos

Promover o registro e a avaliação preliminar de possíveis interferências antrópicas na comunidade de cetáceos na Bacia de Santos.

Apesar deste item estar previsto somente no 6° Relatório Anual Consolidado, resultados preliminares da modelagem do uso espacial dos cetáceos em função de diversas variáveis antrópicas têm sido apresentados desde o 3° Relatório Anual. Houve avanços sobre os primeiros resultados apresentados no ano passado e busca-se aqui orientar possíveis aprofundamentos e discussões a serem desenvolvidos para o Relatório Consolidado

Avaliar a funcionalidade e a eficácia da aplicação integrada e complementar dos diversos métodos previstos para o atendimento dos objetivos de monitoramento.

De acordo com os itens anteriores, argumenta-se que os métodos atuais atendem aos diferentes objetivos do PMC de forma objetiva e satisfatória. A seguir é apresentado o **Quadro VI-5** da situação dos indicadores de alcance

de cada objetivo específico do PMC, conforme previsto no Quadro 2-2 (“Objetivos, indicadores e formas de verificação”) do item 2 (“Objetivos e Indicadores”) do Projeto Executivo do PMC-BS, onde se pode observar, de forma suscinta, o alcance satisfatório dos objetivos, segundo os indicadores definidos no Projeto Executivo do projeto

Ao longo dos anos também foi demonstrado que a própria abordagem multi-metodológica é uma virtude do projeto, com análises integradas mostrando diversas complementariedades. Este documento traz diversos itens onde os dados são integrados entre diferentes plataformas de coleta do PMC, como entre Avistagem Aérea e Avistagem Embarcada, telemetria e foto-identificação, métodos de detecção visuais e acústicos, ou avistagem embarcada e genética. Recentemente, dados de outros projetos executados pela PETROBRAS como condicionantes ambientais das suas atividades na Bacia de Santos foram integrados às análises do PMC-BS (PMTE-BS, PMAP-BS, PMP-BS e PMPAS-BS) ou os dados foram analisados isoladamente de forma a complementar os dados coletados no PMC-BS e atender seus objetivos (como do PMPAS-BS).

Quadro VI-6: *Quadro de situação dos indicadores de alcance de cada objetivo específico do PMC-BS. Em itálico os objetivos específicos do projeto e seus indicadores e formas de verificação, conforme previsto no Quadro 2-2 ("Objetivos, indicadores e formas de verificação") do item 2 ("Objetivos e Indicadores") do Projeto Executivo do PMC-BS. A situação atual de andamento do alcance dos indicadores e sua forma de verificação é descrita em negrito.*

Objetivos Específicos	Indicadores	Formas de verificação
a) *Ampliar o grau de conhecimento sobre a <u>riqueza e a distribuição</u> de espécies de cetáceos na Bacia de Santos.*	*- Número de registros por espécies identificadas* **(27 espécies registradas pelo PMC**); *- Número de novas espécies registradas* (**sem espécies novas registradas no último ano mas curva cumulativa do número de espécies por esforço amostral tendendo à estabilização**); *- Mapas de distribuição por espécie* (**mapas por espécie/gênero apresentados neste relatório no item V.2.1**).	*Sistema de Integração de Dados; Relatórios Anuais e Relatório Consolidado* >>> **Espécies registradas têm sido apresentadas nos Relatórios Anuais**
b) *Estimar a <u>densidade e a abundância</u> das espécies de cetáceos mais comuns na Bacia de Santos, por meio da implementação e avaliação de métodos complementares.*	*- Número de registros por espécies identificadas* (**ver item V.1.1 deste relatório**); *- Descrição das taxas de encontro (indivíduos ou grupos por unidade de esforço) para as espécies* (**informações têm sido apresentadas nos Relatórios de Campanha e será consolidade no 6° Relatório Anual**); *- Número de espécies com densidade e abundância estimada pelo método de Distance Sampling* (**quatro espécies com estimativas realizadas. Ver estimativas recentes para três espécies no item V.3.1**);	*Relatórios Anuais e Relatório Consolidado* >>> **Estimativa do cachalote por MAP apresentada no 2° Relatório Anual e estimativas atualizadas de três espécies (*Megaptera novaeangliae*, *Stenella frontalis* e *Tursiops truncatus*) em campanhas de avistagem embarcada neste relatório.**

Objetivos Específicos	Indicadores	Formas de verificação
c) *Levantar informações sobre o <u>uso de habitats</u> de algumas espécies, implementando diferentes métodos conjuntamente e testando a eficácia dos mesmos.*	*- Mapas com áreas de concentração de avistagens por espécie* (**ver item V.2.1 deste relatório**); *- Número de espécies com descrição da faixa de profundidade usadas* (**ver item V.1.1 deste relatório**); *- Número de variáveis descritoras de habitat utilizadas (p. ex. distância da costa, temperatura, clorofila, etc.)* (**17 variáveis ambientais utilizadas. Ver itens V.2.1 e V.2.2**); *- Número de tags satelitais implantados com dados de movimentos individuais* (**63 tags satelitais implantados; ver item V.2.3**); *- Número de espécies com tags satelitais implantados (***13 espécies marcadas com transmissores satelitais**).	*Relatório Consolidado* >>> **Resultados vem sendo apresentados de forma cumulativa nos Relatórios Anuais e serão consolidados no Relatório Consolidado.**
d) *Obter informações sobre <u>padrões comportamentais</u> de algumas espécies, buscando avaliar, quando possível, a suscetibilidade destas diante de atividades antrópicas.*	*- DTAGs implantados com dados do perfil de mergulho coletados* (**20 DTAGs/Cats Cam implantados; ver item V.4.1**); *- Espécies com descrição dos tamanhos de grupo* (**27 espécies com descrição do tamanho de grupo**); *- Espécies com comportamento acústico descrito* (**16 espécies/gêneros com registros acústicos depositados na Sonoteca**).	*Relatório Consolidado* >>> **Resultados vem sendo apresentados de forma cumulativa ou pontual nos Relatórios Anuais e serão consolidados no Relatório Consolidado.**
e) *Avaliar o <u>grau de contaminação existente</u> em diferentes espécies*	*- Amostras analisadas para contaminantes;* *- Espécies com dosagem de contaminantes;*	*Relatórios Anuais e Relatório Consolidado*

Objetivos Específicos	Indicadores	Formas de verificação
de cetáceos por diferentes tipos de agentes químicos.	*- Tipos de contaminantes com dosagem para cetáceos identificados na Bacia de Santos*	>>> **Resultados importantes foram apresentados nos dois últimos relatórios anuais com previsão de aprofundamento no Relatório Consolidado.**
f) Avaliar o estado de saúde de cetáceos, por meio de registro de lesões epidérmicas ou traumas, que possam ser identificados pela aplicação da técnica de foto-identificação.	*- Número de indivíduos foto-identificados* (**2.272 indivíduos fotoidentificados**); *- Espécies com dados de foto-identificação* (**26 espécies/gêneros com registro de foto-identificação**); *- Tipos de lesões de epiderme identificadas* (**13 categorias de lesões identificadas nos cetáceos da Bacia de Santos; ver item V.5.1**).	*Relatórios Anuais e Relatório Consolidado* >>> **Resultados vem sendo apresentados de forma cumulativa nos Relatórios Anuais e serão consolidados no Relatório Consolidado.**
g) Promover o registro e a avaliação preliminar de possíveis interferências antrópicas na comunidade de cetáceos na Bacia de Santos.	*- Número de cruzamentos e análises de dados espaço-temporais de atividades antrópicas, com os dados primários coletados no monitoramento* (**cruzamentos com 12 variáveis antrópicas realizados; Ver item V.2.2**).	*Relatório Consolidado* >>> **Resultados foram apresentados preliminarmente no 4° e 5° Relatórios Anuaise serão consolidados no 6° Relatório Anual Consolidado**.
h) Avaliar a funcionalidade e a	*- Avaliação específica sobre a complementariedades dos dados e eficácia e funcionalidade da aplicação dos mesmos*	*Relatório Consolidado*

Objetivos Específicos	Indicadores	Formas de verificação
eficácia da aplicação integrada e complementar dos diversos métodos previstos para o atendimento dos objetivos de monitoramento	*na escala do monitoramento*. **(Avaliação é realizada anualmente e foi aprofundada em 2020 para a discussão da proposta de continuidade do PMC para o médio prazo)**	**>>> Será consolidada no 6° Relatório Anual Consolidado.**

VI.3 Produção Acadêmica e divulgação na mídia sobre o PMC-BS

Além da importância intrínseca da produção acadêmica para dar vazão ao grande volume de dados e produzir conhecimento sobre os cetáceos da Bacia de Santos e do Brasil, a produção científica do PMC é uma importante estratégia de avaliação do projeto. Os diferentes produtos passam pelo crivo dos diversos revisores e membros de bancas de avaliação, sendo um importante filtro de qualidade dos dados e resultados obtidos pela equipe do projeto e diversos usuários dos dados.

Até o momento foram autorizados mais de 50 trabalhos acadêmicos que incluem dentre outros produtos (ver relação no **Anexo VI.3-1** e arquivos dos trabalhos no link**: https://www.dropbox.com/sh/doaeriysr6xxk0s/AABPGtxJBZE7uhnJmcP7Erwka?dl=0**): teses de doutorado (n = 4), dissertações de mestrado (n = 4), monografias de conclusão de curso (n = 5), apresentações em congresso (n = 24), artigos em revistas (n = 5). Estes trabalhos envolvem diferentes instituições nacionais e internacionais, englobando mais de 80 pesquisadores envolvidos.

Destaca-se a apresentação de 24 resumos em seis eventos nacionais e internacionais, incluindo os maiores fóruns de discussão sobre a biologia de mamíferos marinhos da América do Sul (Reuniao de Especialistas em Mamíferos Aquáticos da América do Sul) e do mundo (Conferência Bienal sobre a Biologia de Mamíferos Marinhos).

Dentre as publicações em revistas científicas, dois artigos já foram publicados (SIMÕES-LOPES et al., 2019; WEIR et al., 2020).

Outro forma de divulgação para o público são as matérias impressas ou áudio-visuais em diferentes mídias tradicionais e em redes sociais da Petrobras (ver **Anexo VI.3-2**). Na ocasião do aniversário de 5 anos do projeto em 2020, foi realizada uma ampla divulgação de matérias relacionadas ao

PMC e às baleias e golfinhos da Bacia de Santos nos canais próprios da Petrobras (Site Comunica Bacia de Santos, Whats App, Workplace, Portal Petrobras, Site Nossa Energia), redes sociais (Instagram, Linkedin, Facebook) e na imprensa (Jornal Nacional – Globo, Band News, TV Record RJ, Mar Sem Fim – O Estado de SP).

VI.4 Avaliação de Aspectos Antrópicos

Alinhado com os objetivos definidos para o PMC-BS no curto prazo, de avaliar preliminarmente possíveis interferências antrópicas sobre os cetáceos, este item traz uma discussão sobre os principais resultados apresentados neste relatório que abordam este tema. Conforme descrito no Projeto Executivo do PMC (PETROBRAS, 2015), existia a previsão de apresentar resultados que contemplem este objetivo somente no Relatório Consolidado, ao final do sexto ano de execução do projeto. Assim, neste relatório apresentamos novos resultados, mas que ainda devem ser tratados como preliminares. Houve avanços sobre os primeiros resultados apresentados no ano passado e busca-se aqui orientar possíveis aprofundamentos e discussões a serem desenvolvidos para o Relatório Consolidado.

Naturalmente, o interesse maior do PMC-BS é relativo aos potenciais danos causados pela produção de óleo e gás no Pré-Sal da Bacia de Santos em todas as suas fases de execução. Para isso, um dos métodos previstos é a modelagem espacial da frequência de avistagens de odontocetos e misticetos em função de variáveis ambientais e antrópicas.

Este relatório contou com diversos avanços analíticos em relação ao relatório anterior (RA-4 apesentado em 2019). O número de detecções de grupos de odontocetos e misticetos aumentou, com uma consequente diminuição dos quadrantes sem avistagens. O excesso de quadrantes sem avistagens não contribui com informações para o ajuste dos modelos e pode gerar variabilidade além do que é previsto por uma distribuição estatística. Além da melhora na qualidade da amostra, manteve-se o uso de modelos generalizados lineares com distribuição de erros Binomial Negativa, que

acomoda melhor a sobre-dispersão dos dados ocasionada pelo excesso de zeros na variável resposta (quadrantes sem avistagens).

Outro avanço foi o incremento no número de variáveis antrópicas, que passou de 5 para 11 variáveis. Com dados do Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE-BS), a intensidade do tráfego de embarcações foi decomposta em embarcações a serviço da Petrobras e embarcações de outras empresas (terceiros). Os dados de pesca foram obtidos do Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira (PMAP-BS) e foram decompostas em pesca artesanal e industrial. As análises se valeram ainda de todas as informações de ruídos nas quatro frequências (63, 125, 500 e 1.000 Hz) medidas pela instrumentação usada no Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica (PMPAS-BS).

No processo de análise foi testado um conjunto maior de modelos para odontocetos e misticetos que no ano anterior, com mais de 50 modelos construídos para cada grupo. Neste relatório incluiu-se também as predições espaciais dos modelos e a plotagem espacial dos desvios residuais, que pode indicar a autocorrelação dos resíduos e constitui violação de uma premissa importante deste tipo de modelo. Para os dois melhores modelos selecionados, as plotagens indicam independência dos resíduos.

Finalmente, como avanço em relação ao último relatório, destaca-se o aumento da área de abrangência do grid de quadrantes utilizado para modelagem, que reflete uma maior área com disponibilidade de dados sobre a paisagem acústica.

Esta variedade de avanços descrita acima nas análises de modelagem espacial gera maior confiabilidade nos resultados obtidos, que confirmaram alguns padrões descritos no último relatório anual. A relação da frequência de detecções de odontocetos e misticetos com variáveis ambientais já é amplamente conhecida para cetáceos. Estas variáveis interferem na disponibilidade de recursos e propiciam condições de captura das presas, padrão que fica bastante evidente para os odontocetos que dependem dos habitats da Bacia de Santos para alimentação. No caso dos misticetos, para a maioria das espécies migratórias, as condições ambientais interferem no sucesso reprodutivo, mas também podem ocasionar concentração de presas

e eventos de forrageamento oportunístico em áreas primariamente utilizadas para reprodução.

As duas variáveis antrópicas que foram incluídas nos melhores modelos para odontocetos e misticetos foram o tráfego de embarcações a serviço da Petrobras e a intensidade de ruídos na frequência de 125 Hz.

A maior intensidade de ruídos a 125 Hz afetou negativamente a frequência de misticetos e odontocetos na Bacia de Santos. Apesar dos ruídos estarem correlacionados em todas as quatro frequências consideradas (entre 63 e 1000 Hz), a variável que mais se ajustou aos dados foi o ruído a 125 Hz. As plataformas de petróleo e gás produzem sons de baixa frequência e são bastante ruidosas (RICHARDSON et al., 1995). Estes sons de plataformas de produção de petróleo e gás sobrepõem-se com sons de cetáceos como a baleia-jubarte e podem prejudicar a comunicação e outras atividades vitais (ROSSI-SANTOS, 2015). A maior intensidade de ruídos é justamente verificada na região das plataformas do Pré-Sal, que apresenta um ruído crônico na região e aparentemente causa a redução do uso pelos cetáceos. Deve-se considerar que os níveis de SPL e os resultados do PMPAS-BS utilizados representam, na prática, o somatório das contribuições de todas as operações em conjunto (embarcações, dutos, UEPs, sonda, etc.).

Este tipo de ruído crônico, evidente na região oceânica de exploração e produção do Pré-Sal na Bacia de Santos, contrasta com os ruídos mais transitórios das embarcações que se deslocam ao longo de uma rota geralmente definida. O próprio tráfego de embarcações apresentou resultados diferentes para odontocetos e misticetos. O tráfego de embarcações a serviço da Petrobras apresentou uma associação positiva com a frequência de detecções de odontocetos, que em parte pode ser explicada pela coincidência das avistagens de delfinídeos em regiões costeiras com intensa atividade de navegação da Petrobras, como a região em volta da Ilha de São Sebastião, regiões próximas da Ilha Grande, entrada da Baía de Guanabara e região costeira do Cabo Frio.

Por sua vez, a frequência de detecções de misticetos foi menor em regiões de intenso tráfego de embarcações a serviço da Petrobras, que poderia sugerir que este grupo evite regiões de intensa atividade portuária ou rotas de

navegação, uma vez que sabidamente este grupo é mais vulnerável a colisões com embarcações.

Vale reforçar que estas análises devem ser interpretadas com cautela e consideradas aqui como preliminares. As evidências se acumulam sobre alguns padrões de influência de atividades antrópicas, como os ruídos afetando negativamente o comportamento de uso espacial de odontocetos e misticetos. Entretanto, as análises ainda serão consolidadas para o 6º Relatório Anual e o intuito aqui é colocar em discussão possíveis pontos fortes e fracos deste exercício de modelagem.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, A.; BORRELL, A.; PASTOR, T. Biological factors affecting variability of persistent pollutant levels in cetaceans. **Journal of Cetacean Research Management**, v.1, p. 83-116, 1999.

ALBERTSON, G. R.; BAIRD, R. W.; OREMUS, M.; POOLE, M. M.; MARTIEN, K. K.; BAKER, C. S. 2016. Staying close to home? Genetic differentiation of rough-toothed dolphins near oceanic islands in the central Pacific Ocean. **Conservation Genetics**. Disponível em: <doi.org/10.1007/s10592-016-0880-z>. Acesso em: 27 abr. 2020.

ALTER, S. E.; MEYER, M.; POST, K.; CZECHOWSKI, P.; GRAVLUND, P.; GAINES, C.; ROSENBAUM, H. C.; KASCHNER, K.; TURVEY, S. T.; PLICHT, J. VD.; SHAPIRO, B.; HOFREITER, M. 2015. Climate impacts on transocean dispersal and habitat in gray whales from the Pleistocene to 2100. **Molecular Ecology**, 24: 1510-1522.

ALVES, F.; DINIS, A.; CASCÃO, I.; FREITAS, L. 2010. Bryde's whale (*Balaenoptera brydei*) stable associations and dive profiles: new insights into foraging behavior. **Marine Mammal Science**, 26: 202−212.

ALVES, F.; DINNIS, A.; RIBEIRO, C.; NICOLAU, C.; KAUFMANN, M.; FORTUNA, C. M.; FREITAS, L. 2013. Daytime dive characteristics from six short-finned pilot whales *Globicephala macrorhynchus* off Madeira Island. Arquipelago. **Life and Marine Sciences**, 31: 1–8.

AMARAL, A. R.; SEQUEIRA, M.; MARTÍNEZ-CEDDIRA, J.; COELHO, M. M. 2007. New insights on population genetic structure of *Delphinus delphis* from the northeast Atlantic and phylogenetic relationships within the genus inferred from two mitochondrial markers. **Marine Biology**, 151(5): 1967-1976.

ANDREWS, K. R.; PERRIN, W. F.; OREMUS, M.; KARCZMARSKI, L.; BOWEN, B. W.; PURITZ, J. B.; TOONEN, R. J. 2013. The evolving male: spinner dolphin (Stenella longirostris) ecotypes are divergent at Y chromosome but not mtDNA or autosomal markers. **Molecular Ecology**, 22: 2408–2423.

ANDRIOLO, A.; DA ROCHA, J. M.; ZERBINI, A. N.; SIMÕES-LOPES, P. C.; MORENO, I. B.; LUCENA, A.; DANILEWICZ, D.; BASSOI, M. 2010. Distribution and relative abundance of large whales in a former whaling ground off eastern South America**. Zoologia**, 27 (5): 741-750.

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

AOKI, K.; AMANO, M.; MORI, K.; KOUROGI, A.; KUBODERA, T.; MIYAZAKI, N. 2012. Active hunting by deep-diving sperm whales: 3D dive profiles and maneuvers during bursts of speed. **Marine Ecology Progress Series**, 444: 289–301.

AOKI, K.; AMANO, M.; YOSHIOKA M.; MORI, K.; TOKUDA, D.; MIYAZAKI, N. 2007. Diel diving behavior of sperm whales off Japan. **Marine Ecology Progress Series**, 349: 277–287.

ATHAYDE, A.; CARDOSO, J.; FRANCISCO, A.;; SICILIANO, S. (2020). Bryde's Whales (*Balaenoptera brydei*) off the North Coast of São Paulo, Brazil: first photo-identification study. **Aquatic Mammals**, 46(5), 488-501.

AU, W. W. 1993. The sonar of dolphins. **Springer-Verlag**, New York, NY.

AUSTIN, M. Modelos de distribuição de espécies e teoria ecológica: uma avaliação crítica e algumas novas abordagens possíveis. **Modelagem Ecológica**, v. 200, n. 1-2, p. 1-19, 2007.

AZZOLIN, M.; GANNIER, A.; LAMMERS, M. O.; OSWALD, J. N.; PAPALE, E.; BUSCAINO, G.; BUFFA, G.; MAZZOLA, S.; GIACOMA, C. 2014. Combining whistle acoustic parameters to discriminate Mediterranean odontocetes during passive acoustic monitoring. CrossMark. **J. Acoustic Society of America**. 135 (1), January 2014.

BACHMAN, M.J.; FOLTZ, K.M.; LYNCH, J.M.; WEST, K.L.; JENSEN, B.A. Using cytochrome P4501A1 expression in liver and blubber to understand effects of persistent organic pollutant exposure in stranded Pacific Island cetaceans. **Environmental Toxicology and Chemistry**. 34: p.1989-1995, 2015.

BAIRD, R. W.; BORSANI, J. F.; HANSON, M. B.; TYACK, P. L. 2002. Diving and night-time behavior of long-finned pilot whales in the Ligurian Sea. **Marine Ecology Progress Series**, 237: 301-305.

BAIRD, R. W.; HANSON, M. B. & DILL, L. M. 2005. Factors influencing the diving behavior of fish-eating killer whales: sex differences and diel and interannual variation in diving rates. **Canadian Journal of Zoology**, 83: 257-267.

BAIRD, R. W.; LIGON, A.; HOOKER, S. K. 2000. **Sub-surface and night-time behavior of humpback whales off Maui, Hawaii**: a preliminary report. 2000. Hawaiian Islands Humpback Whale National Marine Sanctuary, Kihei, HI.

BAIRD, R. W.; LIGON, A. D.; HOOKER, S. K.; GORGONE, M. A. (2001). Subsurface and nighttime behavior of pantropical spotted dolphins in Hawaii. **Canadian Journal of Zoology**, 79, 988-996.

BAIRD, R. W.; SCHORR, G. S.; WEBSTER, D. L.; MCSWEENEY, D. J.; HANSON, M. B.; ANDREWS, R. D. 2011. Movements of two satellite-tagged pygmy killer whales (*Feresa attenuata*) off the island of Hawaii. **Cascadia Research Collective Olympia WA**.

BAKER, R.C.; LEWIS, B.C.; MAILMAN, R.B.; HODGSON, E. Induction of hepatic mixed function oxidases by the insecticide, Mirex. **Environmental Research**, v.5, p. 418-434, 1972.

BALENSIEFER, D. C.; MARCONDES, M.; PRETTO, D.; CYPRIANO-SOUZA, AL. 2014. Short Note: Antarctic Minke Whale (*Balaenoptera bonaerensis*, Burmeister, 1867) in the Tapajós River, Amazon Basin, Brazil. **Aquatic Mammals**. 40(2).

BALLANCE, L. et al. **The removal of large whales from the Southern Ocean:** evidence for long-term ecosystem effects. Whales, whaling and ocean ecosystems. University of California Press: Berkeley, CA, p. 215-230, 2006.

BANDELT et al., 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. **Molecular Biology and Evolution**, 16(1): 37-48.

BARRETO, A. S.; MORAES, C. G.; SPERB, R. M.; BUGGHI, C. H. Using GIS To Manage Cetacean Strandings. **Journal of Coastal Research**. v. SI 39, p. 1643 - 1645, 2006.

BATISTA, R. et al. 2012. Cetaceans registered on the coast of Ilhéus (Bahia), northeastern Brazil. **Biota Neotropica**. 12(1): 31-38.

BATISTA, R. L. G.; SCHIAVETTI, A.; SANTOS, U. A. D.; REIS, M. D. S. S. D. 2012. Cetaceans registered on the coast of Ilhéus (Bahia), northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, 12(1): 31-38.

BAUMANN-PICKERING, S.; MCDONALD, M. A.; SIMONIS, A. E.; SOLSONABERGA, A.; MERKENS, K. P.; OLESON, E.; ROCH, M.A.; WIGGINS, S. M.; RANKING, S.; YACK, T.; HILDEBRAND, J. A. 2013. Species-specific beaked whale echolocation signals. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 134(3): 2293-230.

BAUMGARTNER, M. F.; LIN, Y. T. 2019. **Evaluating the accuracy and detection range of a moored whale detection buoy near the Massachusetts wind energy area**. Woods Hole (MA): Massachusetts Clean Energy Center and U.S. Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management. OCS Study BOEM 2019-061. 72 p.

BAUMGARTNER, M. F.; MUSSOLINE, S. E. (2011). A generalized baleen whale call detection and classification system. **Journal of the Acoustical Society of America**, 129, 2889-2902.

BEARZI, G., REEVES, R. R., REMONATO, E., PIERANTONIO, N.,; AIROLDI, S. 2011. Risso's dolphin *Grampus griseus* in the Mediterranean Sea. **Mammalian Biology**, 76(4): 385-400.

BEARZI, M., PATONAI, K. 2010. Occurrence of the barnacle (*Xenobalanus globicipitis*) on coastal and offshore common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Santa Monica Bay and adjacent areas, California. **Bulletin, Southern California Academy of Sciences**. 109(2): 37-44.

BEERLI, P. 2008. Migrate version 3.0 - a maximum likelihood and Bayesian estimator of gene flow using the coalescent. Disponível em: <http://popgen.sc.fsu.edu/Migrate/Migrate-n.html>. Acesso em: 23 abr. 2020.

BENGTSON NASH, S.; DAWSON, A.; BURKHARD, M.; WAUGH, C.;

HUSTON, W. Detoxification enzyme activities (CYP1A1 and GST) in the skin of humpback whales as a function of organochlorine burdens and migration status. **Aquatic Toxicology**, v. 155, p. 207-212, 2014.

BERTA, A.; SUMICH, J. L. 1999. **Marine mammals: evolutionary biology**. Burlington: Academic Press. Elsevier**.** 494 p.

BÍGEGO, M.C.; TANIGUCHI, S.; LOURENÇO, R.A. **Avaliação e Interpretação de Resultados de Hidrocarbonetos de Petróleo, Organoclorados e Organobromados em Amostras Biológicas de Tetrápodes Provenientes de Programas de Monitoramento Ambiental da Petrobras.** Relatório de Atualização do Estado da Arte – RAEA, 2018 IOUSP. São Paulo, p.119, 2018.

BISI, T.L.; DORNELES, P.R.; LAILSON-BRITO, J. Trophic relationships and habitat preferences of delphinids from the southeastern Brazilian coast determined by carbon and nitrogen stable isotope composition. **PLoS One**, v.8, p. 12, 2013.

BONJEAN, F.; LAGERLOEF, G.S.E. 2002. Diagnostic Model and Analysis of the Surface Currents in the Tropical Pacific Ocean. **Journal of Physical Oceanography**, 32(10): 2938-2954.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. 2011. **Numerical Ecology with R**. New York: Springer. 301 p.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BREIMAN, L. 1996. Bagging predictors. **Machine learning**, 24(2): 123-140.

BREIMAN, L. 2001. Random forests. **Machine learning**, 45(1): 5-32.

BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J. H.; OLSHEN, R. A.; STONE, C. J. 1984. **Classification and regression trees** (Wadsworth, Belmont, CA). ISBN-13, 978-0412048418.

BROWN, M. R.; CORKERON, P. J.; HALE, P. T.; SCHULTZ, K. W.; BRYDEN, M. M. 1995. Evidence for a sex-segregated migration in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). **Proceedings of the Royal Society of London**, 259: 229-234.

BROWN, N. W.; HELBIG, R.; BOAG, P.T.; GASKIN D. E.; WHITE, B. N. 1991. Sexing beluga whales (*Delphinapterus leucas*) by means of DNA markers. **Canadian Journal of Zoology**, 69(7): 1971-1976.

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

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

CABALLERO, S.; MARCOS, C. D. O.; SANCHES, A.; MIGNUCCI-GIANNONI, A. A. 2013. Initial description of the phylogeography, population structure and genetic diversity of Atlantic spotted dolphins from Brazil and the Caribbean, inferred from analyses of mitochondrial and nuclear DNA. **Biochemical Systematics and Ecology**, 48: 263-270.

CAGNAZZI, D.; FOSSI, M.C.; PARRA, G.J.; HARRISON, P.L.; MALTESE, S.; COPPOLA, D.; SOCCODATO, A.; BENT, M.; MARSILI, L. Anthropogenic contaminants in Indo-Pacific humpback and Australian snubfin dolphins from the central and southern Great Barrier Reef. **Environmental Pollution,** 182: p.490-494, 2013. Disponível em: <DOI10.1016/j.envpol. 2013. 08.008>. Acesso em: 12 out. 2020.

CALAMBOKIDIS, J.; SCHORR, G. S.; STEIGER, G. H.; FRANCIS, J.; BAKHTIARI, M.; MARSHALL, G.; OLESON, E. M.; GENDRON, D.; ROBERTSON, K. 2008. Insights into the underwater diving, feeding, and calling behavior of the blue whales from a suction-cup-attached video-imaging tag (Crittercam). **Marine Technology Society Journal**, 41(4): 19-29.

CAMPOS, E.J.D., MILLER, J.L., MÜLLER, T.J., PETTERSON, R.G. 1995. Physical oceanography of the southwest Atlantic Ocean. **Oceanography 8**, 87–91. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.1995.03>. Acesso em: 10 maio 2020.

CARVALHO, I.; LOO, J.; COLLINS, T.; BARENDSE, J.; POMILLA, C.; LESLIE, M. S.; NGOUESSONO, S.; BEST, P. B.; ROSENBAUM, H. C. 2014. Does temporal and spatial segregation explain the complex population structure

of humpback whales on the coast of West Africa? **Marine Biology**, 161: 805–819.

CASTILHO, C. S.; PEDONE-VALDEZ, F.; BERTUOL, F.; FRUET, P.; GENOVES, R. C.; DI TULLIO, J. C.; CAON, G.; HOFFMANN, L. S.; FREITAS, T. R. O. 2015. Insights about the genetic diversity and population structure of an offshore group of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mid-Atlantic. **Genetics and Molecular Research**, 14(2): 3387-3399.

CECCATELLI, R.; FAASS, O.; SCHLUMPF, M.; LICHTENSTEIGER, W. Gene expression and estrogen sensitivity in rat uterus after developmental exposure to the polybrominated diphenylether PBDE 99 and PCB. **Toxicology**, 220: p.104-116, 2006.

CERCHIO, S.; JACOBSEN, J. K.; CHOLEWIAK, D. M.; FALCONE, E. A.; MERRIWETHER, D. A. 2005. Paternity in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*: assessing polygyny and skew in male reproductive success. **Animal Behavior**, 70: 267-277.

CHEN, G.A,B; BUNCE, N.J. Interaction between halogenated aromatic compounds in the Ah receptor signal transduction pathway. **Environmental Toxicology**. v.19, p.480-489, 2004.

CHEREM, J. J.; KAMMERS, M.; GHIZONI-JR, I. R.; MARTINS, A. 2007. Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. **Biotemas**. 20(3): 81-96.

CHEREM, J. J.; SIMÕES-LOPES, P. C.; ALTHOFF, S.; GRAIPEL, M. P. 2004. Lista dos Mamíferos do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. **Mastozoología Neotropical**, 11: 151–184.

COCCI, P.; MOSCONI, G.; BRACCHETTI, L.; NALOCCA, J.M.; FRAPICCINI, E.; MARINI, M.; CAPRIOLI, G.; SAGRATINI, G.; PALERMO, F.A. Investigating the potential impact of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) on gene biomarker expression and global DNA methylation in loggerhead sea turtles (Caretta caretta) from the Adriatic Sea. **Science of the Total Environment**, v. 619-620, p. 49-57, 2018.

CONSTANTINE, R.; JOHNSON, M.; RIEKKOLA, L.; JERVIS, S.; KOZMIAN-LEDWARD, L., DENNIS, T.; SOTO, N. A. 2015. Mitigation of vessel-strike mortality of endangered Bryde's whales in the Hauraki Gulf, New Zealand. **Biological Conservation**, 186: 149-157.

COSTA, A. P. B.; FRUET, P.; DAURA-JORGE, F. G.; SIMÕES-LOPES, P. C.; OTT, P. H.; VALIATI, V. H.; OLIVEIRA, L. R. 2015. Bottlenose dolphin communities from the southern Brazilian coast: do they exchange genes or are they just neighbors? **Marine and Freshwater Research**. Disponível em: <doi.org/10.1071/MF14007>. Acesso em: 13 jun. 2020.

COSTA, A. P.; ROSEL, P. E.; DAURA-JORGE, F. G.; SIMÕES-LOPES, P. C. 2016. Offshore and coastal common bottlenose dolphins of the western South Atlantic face-to-face: What the skull and the spine can tell us. **Marine Mammal Science**, 32(4): 1433-1457.

COURBIS, S.; BAIRD, R. W.; CIPRIANO, F.; DUFFIELD, D. 2014 Multiple populations of pantropical spotted dolphins in Hawaiian waters. **Journal of Heredity**, 105(5): 627-641.

CRAIG, A. S.; HERMAN, L. M. 1997. Sex differences in site fidelity and migration ofhumpback whales (*Megatera novaeangliae*) to the Hawaiian Islands. **Canadian Journal of Zoology**, 75: 1923–1933.

CRAWLEY, M. J. 2013. **The R Book**. 2. ed. Wiley: UK, 1051 p.

CREMER, M. J.; HARDT, F. A.; TONELLO-JÚNIOR, A. J.; SIMÕES-LOPES, P. C. 2011. Distribution and status of the Guiana dolphin *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae) population in Babitonga bay, Southern Brazil. **Zoological Studies**. 50(3): 327-337.

CROLL, D.A., ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A., TERSHY, B. and URBÁN-RAMIREZ, J. 2001. The diving behavior of blue and fin whales: is dive duration shorter than expected based on oxygen stores? **Comp Biochem Physiol**. 129A:797 -809.

CYPRIANO-SOUZA, A. L.; ENGEL, M. H.; CABALLERO, S.; OLAVARRÍA, C.; FLÓREZ-GONZÁLEZ, L.; CAPELLA, J.; STEEL, D.; SREMBA A.; AGUAYO A.; THIELE, D.; BAKER, C. S.; BONATTO, S.L. 2017. Genetic differentiation between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from

Atlantic and Pacific breeding grounds of South America. **Marine Mammal Science**, 33(2): 457-479.

DAI, D.; CAO, Y.; FALLS, G.; LEVI, P.E.; HODGSON, E.; ROSE, R.L. Modulation of mouse P450 isoforms CYP1A2, CYP2B10, CYP2E1 and CYP3A by the environmental chemicals Mirex, 2,2-bis(p-chlorophenyl)-1,1-dychloroethylene, Vinclozolin and Flutamide. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 70, p. 127-141, 2001.

DALLA-ROSA, L.; SECCHI, E. R. 2007. Killer whale (*Orcinus orca*) interactions with the tuna and swordfish longline fishery off southern and south-eastern Brazil: a comparison with shark interactions. **Journal of the Marine Biological Association of the U.K**., 87(1): 135-140.

DANILEWICZ, D.; TAVARES, M.; MORENO, I. B.; OTT, P. H.; TRIGO, C. C. 2009. Evidence of feeding by the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in mid-latitude waters of the western South Atlantic. Marine **Biodiversity Records**. 2(1).

DAURA-JORGE, F. G.; INGRAM, S. N.; SIMÕES-LOPES, P. C. 2013. Seasonal abundance and adult survival of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in a community that cooperatively forages with fishermen in southern Brazil. **Marine Mammal Science**, 29(2): 293-311.

DAVIS, R. W.; JAQUET, N.; GENDRON, D.; MARKAIDA, U.; BAZZINO, G.; GILLY, W. 2007. Diving behavior of sperm whales in relation to behavior of a major prey species, the jumbo squid, in the Gulf of California, Mexico. **Marine Ecology Progress Series**, 333: 291-302.

DECONTO, L. S.; MONTEIRO-FILHO, E. L. 2013. High initial and minimum frequencies of Sotalia guianensis whistles in the southeast and south of Brazil, **J. Acoust. Soc. Am**. 134, 3899–3904. Disponível em: <https://doi.org/10.1121/1.4823845>. Acesso em: 03 mar. 2020.

DEDE, A.; ÖZTÜRK, A. A.; AKAMATSU, T.; TONAY, A. M.; ÖZTÜRK, B. 2014. Long-term passive acoustic monitoring revealed seasonal and diel patterns of cetacean presence in the Istanbul strait. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 94(6), 1195-1202. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315413000568>. Acesso em: 04 jan. 2020.

DI BELLO, D.; VACCARO, E.; LONGO, V.; REGOLI, F.; NIGRO, M.; BENEDETTI, M.; GERVASI, P.G.; PRETTI, C. Presence and inducibility by β-naphthoflavone of CYP1A1, CYP1B1 and phase II enzymes in *Trematomus bernacchii*, an Antarctic fish. **Aquatic Toxicology**, 84(1): p.19-26, 2007.

DI-TULLIO, J. C.; GANDRA, T. B. R.; ZERBINI, A. N.; SECCHI, E. R. 2016. Diversity and distribution patterns of cetaceans in the Subtropical Southwestern Atlantic outer continental shelf and slope. **PLoS One**, 11(5): e0155841.

DIZON, A.; BAKER, C. S.; CIPRIANO, F.; LENTO, G.; PALSBOLL, P.; REEVES, R. 2000. Molecular genetic identification of whales, dolphins, and porpoises: proceedings of a workshop on the forensic use of molecular techniques to identify wildlife products in the marketplace. La Jolla, CA, USA, 14-16 June 1999. U.S. Department of Commerce, **NOAA Technical Memorandum**, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-286, 52pp.

DO, C.; WAPLES, R. S.; PEEL, D.; MACBETH, G. M.; TILLETT, B. J.; OVENDEN, J. R. 2014. NeEstimator v2: re-implementation of software for the estimation of contemporary effective population size (Ne) from genetic data. **Molecular Ecology Resources**, 14: 209-214.

DONIOL-VALCROZE, T.; LESAGE, V.; GIARD, J.; MICHAUD, R. 2011. Optimal foraging theory predicts diving and feeding strategies of the largest marine predator. **Behavioral Ecology**, 22: 880-888.

DUNLOP, R. A.; NOAD, M. J.;; CATO, D. H. 2008. Non-song acoustic communication in migrating humpback whales, **Marine Mammal Sci**. 24, 613–629.

DUNLOP, R. A.; NOAD, M. J.; CATO, D. H.; D. STOKES. 2007. The social vocalization repertoire of east Australian migrating humpback whales (Megaptera novaeangliae), **J. Acoust. Soc**. Am. 22(5), 2893–2905.

EARL, D. A.; VONHOLDT, B. M. 2012. Structure harvester: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method**. Conservation Genetics Resource**, 4: 359–361.

EDWARDS, E. F.; HALL, C.; MOORE, T. J.; SHEREDY, C.; REDFERN, J. V. 2015. Global distribution of fin whales *Balaenoptera physalus* in the post-whaling era (1980–2012). **Mammal Review**. 45(4): 197-214.

ENGEL, M. H.; MARTIN, A. R. 2009. Feeding grounds of the western South Atlantic humpback whale population. **Marine Mammal Science**, 25: 964–969.

ENGELHARDT, F.R. Petroleum effects on marine mammals. **Aquatic Toxicology**, 4, p.199–217, 1983. Disponível em: <DOI: 10.1016/0166-445X(83)90018-8>. Acesso em: 15 set. 2020.

EVANNO, G.; REGNAUT, S.; GOUDET, J. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. **Molecular Ecology**, 14: 2611–2620.

EXCOFFIER, L.; LISCHER, H. E. L. 2010. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Lynux and Windows. **Molecular Ecology Resources**, 10: 564-567.

FALCONE, E.; SCHORR, G. S. 2012. **Distribution and demographics of marine mammals in SOCAL through photoidentification, genetics, and satellite telemetry:** a summary of surveys conducted 1 July 2011 – 15 June 2012. Monterey, California: Naval Postgraduate School, Department of Oceanography, 28p.

FARIA, D. M.; da SILVA, J. M., Jr; COSTA, L. P.; PAIVA, S. R.; MARINO, C. L.; ROLLO, M. M., Jr; BAKER, C. S.; FARRO, A. P. C. 2020. Low mtDNA diversity in a highly differentiated population of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. **PLoS ONE**, 15(4): e0230660.

FELSENSTEIN, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. **Evolution**: 783–791.

FOSSI, M.C.; PANTI, C.; MARSILI, L.; MALTESE, S.; COPPOLA, D.; JIMENEZ, B.; MUÑOZ-ARNANZ, J.; FINOIA, M. G.; ROJAS-BRACHO, L.; URBAN, R.J. Could feeding habit and migratory behaviour be the causes of different toxicological hazard to cetaceans of Gulf of California (Mexico)? **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, p.

13353-13366, 2014.

FOSSI, M.C.; URBAN, J.; MALTESE, S.; MAZZI L.; COPPOLA D.; CASINI, S.; PANIGADA, S.; LAURIANO, G.; NIÑO, C.; ROJAS-BRACHO, L.; MARSILI, L. First assessment of biomarker responses and contaminant levels in *Balaenoptera edeni* skin biopsies of Gulf of California (Mexico). **SC/62/E9**, 2010.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE D. A. 2002. **Introduction to Conservation Genetics**. Cambridge University Press**:** Cambridge, 617 p.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. 2010. **Introduction to Conservation Genetics**. 2. ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

FRANKLIN, I. R.; FRANKHAM, R. 1998. How large must populations be to retain evolutionary potential? **Animal Conservation**, 1:69-70.

FREITAS, C.; LYDERSEN, C.; FEDAK, M.; KOVACS, K. M. 2008. A simple new algorithm to filter marine mammal Argos locations. **Marine Mammal Science**, 24: 315–325.

FRIEDLAENDER, A. S.; GOLDBOGEN, J. A.; NOWACEK, D.P.; READ, A.J.; JOHNSTON, D.; GALES, N. 2014. Feeding rates and under-ice foraging strategies of the smallest lunge filter feeder, the Antarctic minke whale (*Balaenoptera bonaerensis*). **The Journal of Experimental Biology,** 217: 2851-2854.

FRUET, P. F.; SECCHI, E. R.; DAURA-JORGE, F.; VERMEULEN, E.; FLORES, P.A.; SIMOES-LOPES, P. C.; DALLA ROSA, L. 2014. Remarkably low genetic diversity and strong population structure in common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from coastal waters of the Southwestern Atlantic Ocean. **Conservation Genetics**. 15(4): 879-895.

FRUET, P. F.; SECCHI, E. R.; DI TULLIO, J. C.; SIMÕES-LOPES, P. C.; DAURA-JORGE, F.; COSTA, A. P. B.; VERMEULEN, E.; FLORES, P. A. C; GENOVES, R. C.; LAPORTA, P.; BEHEREGARAY, L. B.; MOLLER, L. M. 2017. Genetic divergence between two phenotypically distinct bottlenose dolphin ecotypes suggests separate evolutionary trajectories. **Ecology and Evolution**, 7(21): 9131-9143.

FUJII-KURIYAMA, Y.; MIMURA, J. Molecular mechanisms of AhR functions in the regulation of cytochrome P450 genes. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 338, p. 311-317, 2005.

GALES, N. J.; KASUYA, T.; CLAPHAM, P. J.; BROWNELL, R. L. 2005. Japan's whaling plan under scrutiny. **Nature**, 435: 883-884.

GANNIER, A.; FUCHS, S.; QUÈBRE, P.; OSWALD, J. N. 2010. Performance of a contour-based classification method for whistles of Mediterranean delphinids. **Applied acoustics**. 71: 1063 - 1069.

GAO, K.; BRANDT, I.; GOLDSTONE, J.V.; JÖNSSON, M.E. Cytochrome P450 1A, 1B, and 1C mRNA induction patterns in three-spined stickleback exposed to a transient and a persistent inducer. **Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology**, v.154, p. 42-55, 2011.

GARRISON, L. P. 2007. Interactions between marine mammals and pelagic longline fishing gear in the US Atlantic Ocean between 1992 and 2004. **Fishery Bulletin**, 105: 408-417.

GARRISON, P.M.; DENISON; M.S. Analysis of the murine AhR gene promoter. **Journal of Biochemical and Molecular Toxicology**, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2000.

GERACI, J. R.; HICKS, B. D. H.; ST AUBIN, D. J. 1979. Dolphin pox: a skin disease of cetaceans. **Canadian Journal of Comparative Medicine**. 43(4): 399.

GERACI, J.R.; AUBIN, ST. Sea Mammals and Oil: Confronting the Risks, 1st edition. **Academic Press**, p.167-197, 1990.

GOKSØYR, A.; SOLBAKKEN, J.E.; TARLEBØ, J.; KLUNGSØYR, J. Initial characterization of the hepatic microsomal cytochrome P-450-system of the piked whale (Minke) *Balaenoptera acutorostrata*. **Marine Environmental Research**, 19, p.185–203, 1986. Disponível em: <DOI: 10.1016/0141-1136(86)90015-2> Acesso em: 08 out. 2020.

GOLDBOGEN, J. A. 2006. Kinematics of foraging dives and lunge-feeding in fin whales. **Journal of Experimental Biology**, 209(7): 1231-1244.

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

GOLDBOGEN, J. A.; PYENSON, N. D.; SHADWICK, R. E. 2007. Big gulps require high drag for fin whale lunge feeding. **Marine Ecology Progress Series**, 349: 289-301.

GOTELLI, N. J.; Ellison, A. M. 2011. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 528 p.

GÖTTEL, M.; CORRE, L. L.; DUMONT, C.; SCHRENK, D.; CHAGNON, M. C. Estrogen receptor α and aryl hydrocarbon receptor cross-talk in a transfected hepatoma cell line (HepG2) exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. **Toxicology Reports**, v. 1, p. 1029-1036, 2014.

GREEN, M. L.; HERZING, D. L.; BALDWIN, J. D. 2011. Reproductive success of male Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*) revealed by noninvasive genetic analysis of paternity. **Canadian Journal of Zoology**, 89(3): 239-253.

GREGORASZCZUK, E.L.; PTAK, A.; SKAARE J.U.; MULARZ, K.; CHMIELOWIEC, A.; WOJTOWICZ, A.; ROPSTAD, E. Mechanisms of action of two different natural mixtures of persistent organic pollutants (POPs) in ovarian follicles. **Xenobiotica**, v. 39, p. 80-89, 2009.

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological modelling**, v. 135, n. 2-3, p. 147-186.

HAMNER, R. M.; CONSTANTINE, R.; M ATTLIN, R.; WAPLES, R.; BAKER, C. S. 2017. Genotype-based estimates of local abundance and effective population size for Hector's dolphins. **Biological Conservation**, 211: 150-160.

HAMNER, R. M.; PICHLER, F.B.; HEIMEIER, D.; CONSTANTINE, R.; BAKER, C. S. 2012. Genetic differentiation and limited gene flow among fragmented populations of New Zealand endemic Hector's and Maui's dolphins. **Conservation Genetics**, 13: 987-1002.

HARTMAN, K. I. 2018. Risso's dolphin: *Grampus griseus*. In: **Encyclopedia of Marine Mammals**. pp. 824-827.

HARTMAN, K. L.; FERNANDEZ, M.; AZEVEDO, J. M. 2014. Spatial segregation of calving and nursing Risso's dolphins (*Grampus griseus*) in the Azores, and its conservation implications. **Marine biology**. 161(6): 1419-1428.

HASTIE, G. D.; WILSON, B.; THOMPSON, P. M. 2006. Diving deep in a foraging hotspot: acoustic insights into bottlenose dolphin dive depths and feeding behavior. **Marine Biology.** 148: 1182-1188.

HAYES J.D.; FLANAGAN J.U.; JOWSEY, I.R. Glutathione transferases. **Annual Reviews in Pharmacology and Toxicology**, v. 45, p. 51-88, 2005.

HEENEHAN, H.; STANISTREET, J. E.; CORKERON, P. J.; BOUVERET, L.; CHALIFOUR, J.; DAVIS, G. E.; HENRIQUEZ, A.; KISZKA, J. J.; KLINE, L.; REED, C.; SHAMIR-REYNOSO, O.; VÉDIE, F.; DE WOLF, W.; HOETJES, P.; VAN PARIJS, S. M. 2019. Caribbean Sea soundscapes: monitoring humpback whales, biological sounds, geological events, and anthropogenic impacts of vessel noise. **Front. Mar. Sci**. 6:347. Disponível em: <10.3389/fmars.2019.00347>. Acesso em: 13 maio 2020.

HEISSLER, V. L.; AMARAL, K. B.; SERPA, N.; FRAINER, G.; SICILIANO, S.; SECCHI, E. R.; MORENO, I. B. 2016. Sei whales, *Balaenoptera borealis*, in the South-Western Atlantic Ocean: the discovery of a calving ground in Brazilian waters. In: 66th International Whaling Commission Meeting. pp. 20-28.

HEYNING, J. E.; PERRIN, W.F. 1994. Evidence for two species of common dolphin (Genus Delphinus) from the Eastern North Atlantic. **Los Angeles County Museum** of **Natural History Contributions in Science**, 442: 1-35.

HOELZEL, A. R.; GOLDSWORTHY, S. D.; FLEISCHER, R. C. 2002. Population genetic structure. **Marine mammal biology**: an evolutionary approach, 325-352.

HORWOOD, J. 1987. The sei whale: population biology, ecology and management. Croom Helm, London IWC. Report of the workshop on the

comprehensive assessment of Southern Hemisphere humpback whales. Paper SC/58/Rep 4 presented to the IWC Scientific Committee.

HOYDAL, K.S.; JENSSEN, B.M.; LETCHER, R.J.; DAM, M.; ARUKWE, A. et al. Hepatic phase I and II biotransformation responses and contaminant exposure in long-finned pilot whales from the Northeastern Atlantic. **Marine Environmental Research**, v. 134, p. 44-54, 2018.

HUCKE-GAETE, R.; BEDRINANA-ROMANO, L.; VIDDI, F. A.; RUIZ, J. E.; TORRES-FLOREZ, J.P.; ZERBINI, A. N. 2018. From Chilean Patagonia to Galapagos, Ecuador: novel insights on blue whale migratory pathways along the Eastern South Pacific**. PeerJ**. 6: e4695.

HUCKE-GAETE, R.; OSMAN, L. P.; MORENO, C.A.; FINDLAY, K. P.; LJUNGBLAD, D. K. 2004. Discovery of a blue whale feeding and nursing ground in southern Chile. **Proceedings of the Royal Society of London. (**Series B: Biological Sciences)**.** 271(4): S170-S173.

HUIJSER, L. A. E; BÉRUBÉ, M.; CABRERA, A. A.; PRIETO, R.; SILVA, M. A.; ROBBINS, J.; KANDA, N.; PASTENE, L. A.; GOTO, M.; YOSHIDA, H.; VÍKINGSSON, G. A.; PALSBOLL, P. J. 2018. Population structure of North Atlantic and North Pacific Sei Whales (*Balaenoptera borealis*) inferred from mitochondrial control region DNA sequences and microsatellite genotypes. **Conservation Genetics**, 19(4): 1007-1024.

IÑÍGUEZ, M.; MASELLO, J. F.; ARCUCCI, D.; KROHLING, F.; BELGRANO, J. 2010. On the occurrence of sei whales, *Balaenoptera borealis*, in the south-western Atlantic. **Marine Biodiversity Records**. 3.

IRVINE, L.; PALACIOS, D. M.; URBÁN, J.; MATE, B. 2017. Sperm whale dive behavior characteristics derived from intermediate-duration archival tag data. **Ecology and Evolution**, 7(19): 7822 – 7837.

JAKOBSSON, M.; ROSENBERG, N. A. 2007. CLUMPP: a cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure. **Bioinformatics**, 23:1801–1806.

JAMES, G.; WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. 2013. **An Introduction to Statistical Learning**. Vol. 6. New York, NY: Springer.

JANIK, V. M.; SAYIGH, L. S. 2013. Communication in the bottlenose dolphin: 50 years of signature whistle research. **Journal of comparative**

physiology. A Neuroethology, Sensory, Neural, Behavioral physiology. v. 199, n. 6, p. 479-489.

JANIK, V. M. 2009. Acoustic communication in delphinids. **Advances in the study of behavior**, v. 40 In: Naguib, M; Zuberbuhler, K; Clayton, N. S and Janik, V. M (Eds), p. 123-157. Academic Press.

JANIK, V. M.; SAYIGH, L. S.; Wells, R. S. 2006. Signature whistle shape conveys identity information to bottlenose dolphins. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 103(21): 8293-8297.

JEFFERSON, T.; WEBBER, M.; PITMAN, R. 2015. **Marine mammals of the world**. A comprehensive guide to their identification. Cambridge: Academic Press, 616p.

JEFFERSON, T.; WEIR, C. R.; ANDERSON, R. C.; BALLANCE, L. T.; KENNEY, R. D.; KISZKA, J. J. 2014. Global distribution of Risso's dolphin *Grampus griseus*: a review and critical evaluation. **Mammal Review**. 44(1): 56-68.

JEONG, H.G.; KIM, J.Y. Effects of o,p′-DDT on the 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin-inducible CYP1A1 expression in murine Hepa-1c1c7 cells. **Food and Chemical Toxicology**, v. 40, p.1685-1692, 2002.

JEPSON, P.D.; DEAVILLE, R.; BARBER, J.L.; AGUILAR, A.; BORRELL, A. et al. PCB pollution continues to impact populations or orcas and other dolphins in European waters. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1-17, 2016.

JOHNSON, M. P.; TYACK, P. L. 2003. A digital acoustic recording tag for measuring the response of wild marine mammals to sound. **IEEE Journal of Oceanic Engineering**, 28(1): 3-12.

KALINOWSKI, S. T.; TAPER, M. L.; MARSHALL, T. C. 2007. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. **Molecular Ecology**, 16: 1099-1106.

KANDA, N.; GOTO, M.; KATO, H.; MCPHEE, M. V.; PASTENE, L. A. 2007. Population genetic structure of Bryde's whales (*Balaenoptera brydei*) at the inter-oceanic and trans-equatorial levels**. Conservation Genetics**, 8: 853-864.

KANE, E. A.; OLSON, P. A.; GERRODETTE, T.; FIEDLER, P. C. 2008. Prevalence of the commensal barnacle *Xenobalanus globicipitis* on

cetacean species in the eastern tropical Pacific Ocean, and a review of global occurrence**. Fishery Bulletin**. 106(4): 395-404.

KATO, H.; PERRIN W. F. 2008. Bryde's whales *Balaenoptera edeni* and *B. brydei*. In Perrin, W.F.: Würsig, B.; Thewissen, J.G.M. (Eds.) **Encyclopedia of marine mammals**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 158-163 p.

KATONA, S. K.; WHITEHEAD, H. P. 1981. Identifying humpback whales using their natural markings. **Polar Record**, 20(128): 439-444.

KAWAMURA, A., 1980. A review of food of balaenopterid whales. **Sci. Rep. Whales Res. Inst**. 32, 155–197. Disponível em: <https://www.icrwhale.org/pdf/SC032155-197.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020.

KAWAMURA, A.K.I.T.O. 1980. A review of food of balaenopterid whales. **Sci. Rep. Whales Res. Inst**. 32: 155-197.

KELLOGG, R. 1929. **What is known of the migrations of some of the whalebone whales.** US Government Printing Office.

KIM, E. -Y.; IWATA, H.; SUDA, T.; TANABE, S.; AMANO, M.; MIYAZAKI, N.; PETROV, E.A. Aryl hydrocarbon receptor (AHR) and AHR nuclear translocator (ARNT) expression in Baikal seal (*Pusa sibirica*) and association with 2,3,7,8-TCDD toxic equivalents and CYP1 expression levels. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 141, n. 3, p. 281-291, 2005.

KINZEY, D.; GERRODETTE, T. 2001. Conversion factors for binocular reticles. **Marine Mammals Science**, 17(2): 353-361.

KISZKA, J.; OREMUS, M.; RICHARD, R.; POOLE, M.; RIDOUX, V. The use of stable isotope analyses from skin biopsy samples to assess trophic relationships of sympatric delphinids off Moorea (French Polynesia). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 395, p. 48-54, 2010.

KLATSKY, L. J.; WELLS, R. S.; SWEENEY, J. C. 2007. Offshore bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): movement and dive behavior near the Bermuda Pedestal. **Journal of Mammalogy**, 88 (1): 59-66.

LAPORTA, P.; DI TULLIO, J. C.; VERMEULEN, E.; DOMIT, C.; MARTINS, C. A.; LODI, L. 2016. Report of the working group on habitat use of *Tursiops*

truncatus in the Southwest Atlantic Ocean. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 11(1–2): 47–61.

LEBERG, P. 2005. Genetic approaches for estimating the effective size of populations. **The Journal of Wildlife Management**, 69: 1385-1399.

LEDUC, R. G.; DIZON, A. E.; GOTO, M.; PASTENE, L. A.; KATO, H.; NISHIWAKI, S.; LEDUC, C. A.; BROWNELL R. L. 2007. Patterns of genetic variation in Southern Hemisphere blue whales and the use of assignment test to detect mixing on the feeding grounds. **Journal of Cetacean Research and Management**, 9: 73-80.

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

LI, D.; LIU, T.; PAN, L.; HU, F.; JIN, Q. Bioaccumulation and oxidative damage of polycyclic aromatic hydrocarbon mixtures in Manila clam *Ruditapes philippinarum*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 197, 110558, 2020.

LI, Z.H.; ZLABEK, V.; GRABIC, R.; LI, P.; RANDAK, T. Modulation of glutathione-related antioxidant defense system of fish chronically treated by the fungicide propiconazole. **Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology**, v. 152, n. 3, p. 392-398, 2010.

LIMA, A. F. B.; GONÇALVES, L. R.; QUEIROZ, E. L. 2006. Registro histórico de encalhe de uma baleia-de-Bryde *Balaenoptera edeni* Anderson, 1879 (Mysticeti: Balaenopteridae) no rio Paraguaçu, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Bioikos**. 20: 75-79.

LIN, P.; HU, S.W.; CHANG, T.H. Correlation between gene expression of aryl hydrocarbon receptor (AhR), hydrocarbon receptor nuclear translocator (Arnt), cytochromes P4501A1 (CYP1A1) and 1B1 (CYP1B1), and inducibility of CYP1A1 and CYP1B1 in human lymphocytes. **Toxicological Sciences**, v. 71, p. 20-26, 2003.

LODI, L.; BOROBIA, M. 2013. **Baleias, botos e golfinhos do Brasil:** guia de identificação. Rio de Janeiro: Technical Books.

LODI, L.; FARIAS-JÚNIOR, S. 2011. Movements of a solitary adult male killer whale, *Orcinus orca* (Cetacea, Delphinidae), along the coast of south-eastern Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 6(4): 325-328.

LODI, L.; HETZEL, B. 1999. Rough-toothied dolphin, *Steno bredanensis*, feeding behaviors in Ilha Grande bay. **Biociências**, 7(1): 29-42.

LODI, L.; CANTOR, M.; DAURA-JORGE, F.G.; MONTEIRO-NETO, C. 2014. A missing piece from a bigger puzzle: declining occurrence of a transient group of bottlenose dolphins off Southeastern Brazil. **Marine Ecology**. 35(4): 516-527.

LODI, L.; OLIVEIRA, R. H. T.; FIGUEIREDO, L. D.; SIMÃO, S. M. 2012. Movements of the rough-toothed dolphin (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. **Marine Biodiversity Records**. 5.

LODI, L.; OLIVEIRA, R. H. T.; FIGUEIREDO, L. D.; SIMÃO, S. M. 2012. Movements of the rough-toothed dolphin (*Steno bredanensis*) in Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. **Marine Biodiversity Records**, v. 5.

LODI, L.; SICILIANO, S.; CAPISTRANO, L. 1990. Mass stranding of *Peponocephala electra* (Cetacea, Globicephalinae) on Piracanga beach, Bahia, Northeasthern Brazil. **Scientific Reports of Cetacean Research**, 1: 79-84.

LODI, L.; TARDIN, R. H.; HETZEL, B.; MACIEL, I. S.; FIGUEIREDO, L. D.; SIMÃO, S. M. 2015. Bryde's whale (Cetartiodactyla: Balaenopteridae) occurrence and movements in coastal areas of Southern Brazil. **Zoologia**. 32: 171-175.

LODI, L.; WEDEKIN, L. L.; ROSSI-SANTOS, M. R.; MARCONDES, M. C. 2008. Movements of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Rio de Janeiro state, southeastern Brazil. **Biota Neotropica**. 8(4): 0-0.

LOUIS, M.; VIRICEL, A.; LUCAS, T.; PELTIER, H.; ALFONSI, E.; BERROW, S.; STEPHANIS, R. 2014. Habitat-driven population structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the North-East Atlantic. **Molecular Ecology**, 23(4): 857-874.

LOWTHER-THIELEKING, J. L.; ARCHER, F. I.; LANG, A. R.; WELLER, D. W. 2015. Genetic differentiation among coastal and offshore common

bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the eastern North Pacific Ocean. **Marine Mammal Science**, 31(1): 1-20.

LUCENA, A. 2006. Estrutura populacional da *Balaenoptera bonaerensis* (Burmeister) (Cetacea, Balaenopteridae) nas áreas de reprodução do Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**, 23(1): 176-185.

LUKSENBURG, J. A.; HENRÍQUEZ, A.; SANGSTER, G. 2015. Molecular and morphological evidence for the subspecific identity of Bryde's whales in the southern Caribbean. **Marine Mammal Science,** 31(4): 1568-1579.

MACIEL, I. S.; TARDIN, R. H.; SIMÃO, S. M. 2018. Occurrence and habitat use of Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) in the Cabo Frio region, South-eastern Brazil. Marine Biological Association of the United Kingdom. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 98(5), 1081-1086.

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

MADSEN, P.; WAHLBERG, M.; MØHL, B. 2002. Male sperm whale (*Physeter macrocephalus*) acoustics in a high-latitude habitat: implications for echolocation and communication. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 53(1): 31-41.

MAGALHÃES, F. A.; TOSI, C. H.; GARRI, R. G.; CHELLAPPA, S.; SILVA, F.L. 2008. Cetacean diversity on the Parnaiba Delta, Maranhão state, northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. 68(3): 545-551.

MARQUES, F. F. C.; BUCKLAND, S. T. 2004. Covariate models for the detection function. In: **Advanced Distance Sampling** (Eds.: Buckland, S. T.; Anderson, D. R.; Burnham, K. P.; Laake, J. L.; Borchers, D. L.; Thomas, L.). Pp. 31-47. Oxford: Oxford University Press.

MARQUES, F. F. C.; BUCKLAND, S. T. 2003. Incorporating covariates in standard line transect analysis. **Biometrics**, v. 59, n. 4, p. 924-935.

MARSILI, L.; CARUSO, A.; FOSSI, M. C.; ZANARDELLI, M.; POLITI, E.; FOCARDI, S. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in subcutaneous biopsies of Mediterranean cetaceans**. Chemosphere,** 44: p.147-154, 2001.

MARSILI, L.; FOCARDI, S. Organochlorine levels in subcutaneous blubber biopsies of fin whales (*Balaenoptera physalus*) and striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Mediterranean Sea. **Environmental Pollution**, v. 91, p.1-9, 1996.

MARSILI, L.; FOSSI, C.M.; FOCARDI, S.; DI SCIARA, G. N. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in cetaceans of the Mediterranean ‘‘Whale Sanctuary’’. **Marine Environmental Research**, 54, p.829-851, 2002.

MARTIEN, K. K.; HILL, M. C.; VAN CISE, A. M.; ROBERTSON, K. M.; WOODMAN, S. M.; DOLLAR L.; PEASE, V. L.; OLESON, E. M. 2014. Genetic diversity and populations structure in four species of cetaceans around the Mariana Islands. La Jolla, CA. **NOAA Technical Memorandum** NMFS; Report No.: SWFSC-536.

MARTYNIUK, C.J.; MEHINTO, A.C.; DENSLOW, N.D. Organochlorine pesticides: Agrochemicals with potent endocrine-disrupting properties in fish. **Molecular and Cellular Endocrinology.** v.507, 110764, 2020.

MATKIN, C. O.; MATKIN, D. R.; ELLIS, G. M.; SAULITIS, E.; MCSWEENEY, D. 1997. Movements of resident killer whales in Southeastern Alaska and Prince William Sound, Alaska. **Marine Mammal Science**, 13 (2): 469-475.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J.A. 1989. **Generalized Linear Models**. 2nd edition. Monographs on Statistics and Applied Probability 37. Chapman & Hall, London.

MCFADDEN, G. 2005. Poxvirus tropism. **Nature Reviews Microbiology**. 3(3): 201-213.

MELERO, M.; CRESPO-PICAZO, J. L.; RUBIO-GUERRI, C.; GARCÍA-PÁRRAGA, D.; SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, J. M. 2015. First molecular determination of herpesvirus from two mysticete species stranded in the Mediterranean Sea. **BMC veterinary research**. 11(1): 283.

MERKENS, K.; MANN, D.; JANIK, V. M.; CLARIDGE, D.; HILL, M.; OLESON, E. 2018. Clicks of dwarf sperm whales (*Kogia sima*). **Marine Mammal Science**, 34(4):963-978.

MESSINA, A.; PUCCINELLI, E.; GERVASI, P.G.; LONGO, V. Expression and inducibility of CYP1A1, 1A2, 1B1 by β-naphthoflavone and CYP2B22,

CYP3As by rifampicin in heart regions and coronary arteries of pig. **Research in Veterinary Science**, v. 94, p. 77-83, 2013.

MESSINA, A.; SINISCALCO, A.; PUCCINELLI, E.; GERVASI, P.G.; LONGO, V. Cloning and tissues expression of the pig CYP1B1 and CYP2J34. **Research in Veterinary Science**, v. 92, p. 438-443, 2012.

MILLER, P. J.; JOHNSON, M. P.; TYACK, P. L. 2004. Sperm whale behavior indicates the use of echolocation click buzzes 'creaks' in prey capture. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, 271(1554): 2239-2247.

MILMANN, L. 2020. Padrões de ocorrência, estrutura populacional e análise de nicho isotópico de três espécies de *Balaenoptera* no sudoeste do Atlântico: *B. acutorostrata*, *B. bonaerensis* e B*. brydei*. Tese de doutorado do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Estadual de Santa Cruz. 198 p.

MILMANN, L.; SICILIANO, S.; MORAIS, I.; TRIBULATO, A. S.; MACHADO, R.; ZERBINI, A.; OTT, P. H. 2020. A review of *Balaenoptera* strandings along the east coast of South America. **Regional Studies in Marine Science**. e101343.

MIMURA, J.; FUJII-KURIYAMA, Y. Functional role of AhR in the expression of toxic effects by TCDD. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, v. 1619, p.263-268, 2003.

MIRIMIN, L.; WESTGATE, A.; ROGAN, E.; ROSEL, P.; READ, A.; COUGHLAN, J.; CROSS, T. 2009. Population structure of short-beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) in the North Atlantic Ocean as revealed by mitochondrial and nuclear genetic markers. **Marine Biology**, 156: 821-834.

MIZROCH, S.A.; RICE, D. W.; BREIWICK, J. M. 1984. The fin whale, *Balaenoptera physalus*. **Marine Fisheries Review**, 46(4): 20-24.

MØHL, B.; WAHLBERG, M.; MADSEN, P. T.; HEERFORDT, A.; LUND, A. 2003. The monopulsed nature of sperm whale clicks. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 114(2): 1143-1154.

MÖLLER, O. O.; PIOLA, A. R.; FREITAS, A. C.; CAMPOS, E. J. D. 2008. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, 28: 1607-1624.

MORENO, I. B.; ZERBINI, A. N.; DANILEWICZ, D.; DE OLIVEIRA SANTOS, M. C.; SIMÕES-LOPES, P.C.; LAILSON-BRITO JR, J.; AZEVEDO, A. F. 2005. Distribution and habitat characteristics of dolphins of the genus Stenella (Cetacea: Delphinidae) in the southwest Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**. 300: 229-240.

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

NAHAS, F.E.; ABDEL-RAZEK, M.A.S.; HELMY, N.M.; MAHMOUD, S.; GHAZY, H.A. Impaired antioxidant gene expression by pesticide residues and its relation with other cellular biomarkers in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Lake Burullus, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 137, p. 202-209, 2017.

NAWOJCHIK, R.; AUBIN, D. J. ST.; JOHNSON, A. 2003. Movements and dive behavior of two stranded, rehabilitated long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) in the northwest Atlantic. **Marine Mammal Science**, 19: 232-239.

NEELY, M.G.; MOREY, J.S.; ANDERSON, P.; BALMER, B.C.; YLITALO, G.M.; ZOLMAN, E.S.; SPEAKMAN, T.R.; SINCLAIR, C.; BACHMAN, M.J.; HUNCIK, K.; KUCKLICK, J.; ROSEL, P.E.; MULLIN, K.D.; ROWLES, T.K.; SCHWACKE, L.H.; VAN DOLAH, F.M. Skin transcriptomes of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* from the northern Gulf of Mexico and southeastern US Atlantic coasts. **Marine Genomics**, v. 38, p. 45-58, 2018.

NEFF, J.M. Bioaccumulation in Marine Organisms: Effect of Contaminants from Oil Well Produced Water, 1st edition. **Elsevier Science**, 2002.

NEWMAN, K.; SPRINGER, A. M. 2008. Nocturnal activity by mammal-eating killer whales at a predation hot spot in the Bering Sea. **Marine Mammal Science**, 24(4): 990-999.

NGWENYA, S.; SAFE, S. Cell Context-Dependent Differences in the Induction of E2F-1 Gene Expression by 17β-Estradiol in MCF-7 and ZR-75 **Cells. Endocrinology**, v. 144, p. 1675-1685, 2003.

NIÑO-TORRES, C.A.; JORGE URBÁN, R.; OLAVARRIETA, T.; BLANCO-PARRA, M.D.P.; HOBSON, K.A. Dietary preferences of Bryde's whales (*Balaenoptera edeni*) from the Gulf of California: A δ ^{13}C, δ ^{15}N analysis. **Marine Mammal Science**, v. 30, p. 1140-1148, 2014.

NOAA. Guidelines for Assessing Exposure and Impacts of Oil Spills on Marine Mammals**. NOAA Technical Memorandum** NMFS-OPR-62, 2019.

NOTARBARTOLO-DI-SCIARA, G. 2014. Sperm whales, *Physeter macrocephalus*, in the Mediterranean Sea: a summary of status, threats, and conservation recommendations. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**. 24(1): 4-10.

NOWACEK, D. P.; JOHNSON, M. P.; TYACK, P. L.; SHORTER, K. A.; MCLELLAN, W. A.; PABST, A. 2001. Buoyant balaenids: the ups and downs of buoyancy in right whales. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, 268(1478): 1811-1816.

ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P.; 2001. The convergence ecosystem in the Southwest Atlantic. In: Seeliger, U.; Kjerfve, B. (Eds.), Coastal Marine Ecosystems of Latin America. In: **Ecological Studies** (Analysis and Synthesis), v. 144. Springer: Berlin, pp. 147–165.

OLAVARRÍA, C.; BAKER, C. S.; GARRIGUE, C.; POOLE, M.; HAUSER, N.; CABALLERO, S.; CLAPHAM, P. FLÓREZ-GONZALEZ, L.; BRASSEUR, M.; BANNISTER, J.; CAPELLA; J.; CLAPAPHAM, P.; DODEMONT, R; DONOGHUE, R.; JENNER, C.; MOJENNER, D. 2007. Population structure of humpback whales throughout the South Pacific and the origin of the eastern Polynesian breeding grounds. **Marine Ecology Progress Series**, 330: 257–268.

OLESON, E. M.; CALAMBOKIDIS, J.; BURGESS, W. C.; McDONALD, M. A.; LeDUC, C. A.; HILDEBRAND, J. A. 2007. Behavioral context of call production by eastern North Pacific blue whales. **Mar Ecol-Prog Ser**. 330:269-284.

OLIVEIRA, L. R.; FRAGA, L. D.; OTT, P. H.; SICILIANO, S.; LOPES, F.; ALMEIDA, R.; WICKERT, J. C.; MILMANN, L.; DANILEWICZ, D.; EMIN-LIMA, N. R.; MEIRELLES, A. C.; LUZ, V.; DO NASCIMENTO, L. F.; DE THOISY, B.; TAVARES, M.; ZERBINI, A. N.; BAUMGARTEN, M.; VALIATI, V. H.; BONATTO, S. L. 2019. Population structure, phylogeography, and genetic diversity of the common bottlenose dolphin in the tropical and subtropical southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Mammology**, 100(2): 564-577.

OLSEN, E.; BUDGELL, W.P.; HEAD, E.; KLEIVANE, L.; NØTTESTAD, L.; PRIETO, R.; SILVA, M. A.; SKOV, H.; VÍKINGSSON, G. A.; WARING, G.; ØIEN, N. 2009. First Satellite-Tracked Long-Distance Movement of a Sei Whale (*Balaenoptera borealis*) in the North Atlantic. **Aquatic Mammals**. 35: 313-318.

OLSON, P. A. 2018. Pilot Whales, *Globicephala melas* and *G. macrorhynchus*. In: WÜRSIG, B., THEWISSEN, J. G. M. AND KOVACS, K. M. (Eds), **Encyclopedia of Marine Mammals Third Edition**, pp. 701-705. San Diego, California: Elsevier.

OREMUS, M.; GALES, R.; DALEBOUT, M.L.; FUNAHASHI, N.; ENDO, T.; KAGE, T., STEEL, D.; BAKER, C. S. 2009. Worldwide mitochondrial DNA diversity and phylogeography of pilot whales (*Globicephala* spp.). **Biological Journal of the Linnean Society**, 98(4): 729-744.

OREMUS, M.; POOLE, M. M.; STEEL, D.; BAKER, C. S. 2007. Isolation and interchange among insular spinner dolphin communities in the South Pacific revealed by individual identification and genetic diversity. **Marine Ecology Progress Series**, 336: 275-289.

OSWALD, J. N.; BARLOW, J.; NORRIS, T. F. 2003. Acoustic identification of nine delphinid species in the eastern tropical Pacific Ocean. **Marine Mammal Science** 19(1): 20-37.

OSWALD, J. N.; RANKIN, S.; BARLOW, J. 2008. To whistle or not to whistle? Geographic variation in the whistling behavior of small odontocetes. **Aquatic Mammals**: 34(3), 288-302.

OSWALD, J. N.; RANKIN, S.; BARLOW, J.; LAMMERS, M. O. 2007. A tool for real-time acoustic species identification of delphinid whistles. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 122, n. 1, p. 587-595.

OSWALD, J. N.; S. RANKIN; J. BARLOW and OSWALD M. 2013. **Real-time odontocete call classification algorithm: Software for species identification of delphinid whistles**. In: ADAM, O. and SAMARAN, F. (Eds). Detection, classification, and localization of marine mammals using passive acoustics, 2003–2013: 10 years of international research. p 245-266 DIRAC NGO, Paris, France.

PAIVA, M. P.; MOTTA, P. C. S. D. 2000. Schools of Brazilian-sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner), in coastal waters of Rio de Janeiro State (Brazil). **Revista Brasileira de Zoologia**, 17(2): 339-346.

PAIVA, M. P., GRANJEIRO, B. F. 1965. Biological investigations on the whaling seasons 1960-1963, off Northeastern coast of Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**. 5(1): 29-64.

PARKINSON, A.; OGILVIE, B.W. Biotransformation of xenobiotics. *In*: C.D. Klaassen, M.J. Thomas, M.J. Hazucha (Eds.), **Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons**. Nova York: McGraw-Hill Medical Publishing Division. p. 113-186, 2001.

PASTENE, L. A.; ACEVEDO, J.; GOTO, M.; ZERBINI, A. N.; ACUÑA, P.; AGUAYO-LOBO, A. 2010. Population structure and possible migratory links of common minke whales, *Balaenoptera acutorostrata*, in the Southern Hemisphere. **Conservation Genetics**, 11: 1553-1558.

PASTENE, L. A.; GOTO, M.; KANDA, N.; KEREM, D.; WATANABE, K.; BESSHO, Y.; HASEGAWA, M.; NIELSEN, R.; LARSEN, F.; PALSBØLL, P. J. 2007. Radiation and speciation of pelagic organisms during periods of global warming: the case of the common minke whale, *Balaenoptera acutorostrata*. **Molecular Ecology**, 16: 1481-1495.

PASTENE, L.; ACEVEDO, J.; SICILIANO, S.; SHOLL, T. G. C.; DE MOURA, J. F.; OTT, P. H.; AGUAYO-LOBO, A. 2015. Population genetic structure

of the South American Bryde's whale. **Revista de Biología Marina y Oceanografia**, 50:453-464.

PAULY, D.; TRITES, A.W.; CAPULI, E.; CHRISTENSEN, V. Diet composition and trophic levels of marine mammals. **ICES journal of Marine Science**, v. 55, p. 467-481, 1998.

PAYNE, K.; PAYNE, R. 1985. Large scale changes over 19 years in songs of humpback whales in Bermuda, **Zeitschrift f€ur Tierpsychologie** 6, 89–114.

PAYNE, R. 1976. At home with right whales. **National Geographic**, 149(3), 322-339.

PAYNE, R. S.; MCVAY, S. 1971. Songs of humpback whales, **Science** 173, 585–597.

PÉREZ, W.; LIMA, M.; BÜCKER, M.; CLAUSS, M. 2017. Gross anatomy of the stomach and intestine of an Antarctic minke whale (*Balaenoptera bonaerensis*). **Mammalia**, 81(1), 111-113.

PERRIN, W. F.; WURSIG, B. 2009. **Encyclopedia of marine mammals.** San Diego, CA: Academic Press..

PERRIN, W. F.; MITCHELL, E. D.; MEAD, J. G.; CALDWELL, D. K.; CALDWELL, M. C.; VAN BREE, P. J. H.; DAWBIN, W. H. 1987. Revision of the spotted dolphins, *Stenella* spp. **Marine Mammal Science**, 3: 99-170.

PERRYMAN, W. L. W. F.; PERRIN, B.; WURSIG; THEWISSEN, J. G. M. (Eds). 2002. Melon-headed whale *Peponocephala electr*a (Gray, 1846). **Encyclopedia of marine mammals**. San Diego, CA: Academic Press. Pages 733–734.

PESSATTI, T.B.; LÜCHMANN, K.H.; FLORES-NUNES, F.; MATTOS, J.J.; SASAKI, S.T.; TANIGUCHI, S.; BÍCEGO, M.C.; BAINY, A.C.D. Upregulation of biotransformation genes in gills of oyster *Crassostrea brasiliana* exposed *in situ* to urban effluents, Florianópolis Bay, Southern Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 131, p. 172-180, 2016.

PETROBRAS. 2015. Projeto Executivo. **Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS)**. Elaborado pela

SOCIOAMBIENTAL Consultores Associados para a PETROBRAS. Florianópolis-SC.

PETROBRAS. 2017. **Projeto de monitoramento da paisagem acústica submarina da Bacia de Santos PMPAS-BS:** 1º Relatório Técnico novembro/2015 a dezembro/2016.

PETROBRAS. 2018. 3° Relatório Anual – Ciclos 1 a 6. **Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS)**. Relatório técnico elaborado pela SOCIOAMBIENTAL Consultores Associados para a PETROBRAS. Florianópolis-SC.

PETROBRAS. 2019. 4° Relatório Anual – Ciclos 1 a 8. **Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS)**. Relatório técnico elaborado pela SOCIOAMBIENTAL Consultores Associados para a PETROBRAS. Florianópolis-SC.

PETROBRAS. 2020. **Projeto de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos / PMPAS-BS:** 4° Relatório Técnico novembro/2015 a dezembro/2019. Relatório técnico elaborado pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) para a PETROBRAS. Rio de Janeiro-RJ.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E. 2020. **Maxent software for modeling species niches and distributions** (Version 3.4.1). Disponível em: http://biodiversituinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Acesso em: 03 fev. 2020.

PRIETO, R.; SILVA, M. A.; WARING, G. T. 2014. Sei whale movements and behavior in the North Atlantic inferred from satellite telemetry. **Endangered Species Research**. 26: 103-113.

PRITCHARD, J.K.; WEN, X.; FALUSH, D. 2007. Documentation for structure software: version 2.2. http://pritch.bsd.uchicago.edu/software.

PRIYA, E.S.; KUMAR, T.S.; BALAJI, S.; BAVITHRA, S.; SINGH, P.R.; SAKTHIVEL, D.; SANKAR, B.R.; ARUNAKARAN, J. Lactational exposure effect of polychlorinated biphenyl on rat Sertoli cell markers and functional

regulators in prepuberal and puberal F1 offspring. **Journal of Endocrinological Investigation**, v. 40, p. 91-100, 2017.

QUÉROUIL, S.; FREITAS, L.; CASCÃO, I.; ALVES, F.; DINIS, A.; ALMEIDA, J. R.; PIETRO R.; BORRAS, S.; MATOS, J. A.; MENDONÇA, D.; SANTOS, R.S. 2010. Molecular insight into the population structure of common and spotted dolphins inhabiting the pelagic waters of the Northeast Atlantic. **Marine biology**, 157(11): 2567-2580.

QUÉROUIL, S.; SILVA, M. A.; FREITAS, L.; PRIETO, R.; MAGALHÃES, S.; DINIS, A.; ALVES, F.; MATOS, J. A.; MENDONÇA, D.; HAMMOND P. S.; SANTOS, R. S. 2007. High gene flow in oceanic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) of the North Atlantic. **Conservation Genetics**, 8(6): 1405-1419.

QUICK, N. J.; ISOJUNNO, S.; SADYKOVA, D.; BOWERS, M.; NOWACEK, D. P.; READ, A. J. 2017. Hidden Markov models reveal complexity in the diving behavior of short-finned pilot whales. **Scientific Reports**, 7: 45765.

R CORE TEAM. 2018. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 5 fev. 2020.

RACKY, J.; SCHMITZ, H.J.; KAUFFMANN, H.M.; SCHRENK, D. Single nucleotide polymorphism analysis and functional characterization of the human Ah receptor (AhR) gene promoter. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 421, p. 91-98, 2004.

RAMOS, R. M.; SICILIANO, S.; BOROBIA, M.; ZERBINI, A. N.; PIZZORNO, J. L. A.; FRAGOSO, A. B. L.; LAILSON-BRITO JR., j.; AZEVEDO, A. F.; SIMÕES-LOPES, P. C.; SANTOS, M. C. O. 2001. A note on strandings and age of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) on the Brazilian coast. **Journal of Cetacean Research and Management**. 3(3): 321-326.

RANDAGE, S. M.; ALLING, A.; CURRIER, K.; HEYWOOD, E. 2014. Review of the Sri Lanka blue whale (*Balaenoptera musculus*) with observations on its distribution in the shipping lane. **Journal of Cetacean Research Management**. 14: 43-49.

RANKIN, S.; OSWALD, J. N.; BARLOW, J. 2008. Acoustic behavior of dolphins in the Pacific Ocean: Implications for using passive acoustic methods for population studies. **Canadian Acoustics**, 36(1): 88-92.

RECALDE-SALAS, A.; ERBE, C.; SALGADO KENT, C.; PARSONS, M. 2020. Non-song socializations of humpback whales in Western Australia. **Front. Mar. Sci.** 7:141. Disponível em: <doi.org/10.3389/fmars.2020.00141>. Acesso em: 21 fev. 2020.

REGOLI, F.; GIULIANI, M.E.; BENEDETTI, M.; ARUKWE, A. Molecular and biochemical biomarkers in environmental monitoring: A comparison of biotransformation and antioxidant defense systems in multiple tissues. **Aquatic Toxicology**, v. 105, p. 56-66, 2011.

REILLY, S. B.; BANNISTER, J. L.; BEST, P. B.; BROWN, M.; BROWNELL Jr. R. L.; BUTTERWOOTH, D. S. 2013. "*Balaenoptera physalus*," in IUCN 2017. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017.3. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 24 fev. 2020.

REISINGER, R. R.; KEITH, M.; ANDREWS, R. D.; BRUYN, P. J. N. 2015. Movement and diving of killer whales (*Orcinus orca*) at a Southern Ocean archipelago. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,** 472: 90-102.

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

RIGHETTI, B.P.H.; DAURA-JORGE, F.G.; MATTOS, J.J.; SIEBERT, M.N.; BEZAMAT, C.; FRUET, P.; GENOVES, R.; TANIGUCHI, S.; DA SILVA, J.; MONTONE, R.C.; SIMÕES-LOPES, P.C.; BAINY, A.C.D.; LÜCHMANN, K.H. Biochemical and molecular biomarkers in integument biopsies of free-ranging coastal bottlenose dolphins from southern Brazil. **Chemosphere**, v. 225, p. 139-149, 2019.

ROSENBERG, N. A. 2004. Distruct: a program for the graphical display of population structure. **Molecular Ecology Notes**, 4: 137–138.

ROSS, G. J.; LEATHERWOOD, S. 1994. Pygmy killer whale *Feresa attenuata* Gray, 1874. **Handbook of marine mammals**, 5, 387-404.

ROSS, H. A.; LENTO, G. M.; DALEBOUT, M. L.; GOODE, M.; EWING, G.; MCLAREN, P.; RODRIGO, A. G.; LAVERY, S.; BAKER, C. S. 2003. DNA

Surveillance: Web-based molecular identification of whales, dolphins, and porpoises. **Journal of Heredity**, 94: 111–114.

ROSSI-SANTOS, M. R. 2015. Oil Industry and Noise Pollution in the Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*) Soundscape Ecology of the Southwestern Atlantic Breeding Ground. **Journal of Coastal Research**, 299, 184–195.

ROSSI-SANTOS, M. R.; BARACHO, C.; CIPOLOTTI, S.; MARCOVALDI, E. 2007. Cetacean sightings near South Georgia islands, south Atlantic Ocean. **Polar Biology**. 31(1): 63.

ROSSI-SANTOS, M. R.; WEDEKIN, L. L.; SOUSA-LIMA, R. S. 2006. Distribution and habitat use of small cetaceans in the Abrolhos Bank, Eastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 5(1): 23-28.

ROSSI-SANTOS, M.; BARACHO, C.; NETO, E. S.; MARCOVALDI, E. 2006. First sightings of the pygmy killer whale, *Feresa attenuata*, for the Brazilian coast. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 2 – Biodiversity records**. On-line.

ROZAS, J.; FERRER-MATA, A.; SÁNCHEZ-DELBARRIO, J. C.; GUIRAO-RICO, S.; LIBRADO, P.; RAMOS-ONSINS, S. E.; SÁNCHEZ-GRACIA, A. 2017. DnaSP 6: DNA Sequence Polymorphism Analysis of Large Datasets. **Molecular Biology Evolution**, 34: 3299-3302.

SAENGTIENCHAI, A.; IKENAKA, Y.; NAKAYAMA, S.M.; MIZUKAWA, H.; KAKEHI, M.; BORTEY-SAM, N.; DARWISH, W.S.; TSUBOTA, T.; TERASAKI, M.; POAPOLATHEP, A.; ISHIZUKA, M. Identification of interspecific differences in phase II reactions: determination of metabolites in the urine of 16 mammalian species exposed to environmental pyrene. **Environmental Toxicology and Chemistry,** v. 33, p. 2062-2069, 2014.

SAHA, S.; MOORTHI, S.; PAN, H.L.; WU, X.; WANG, J. et al. 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 91(8): 1015-1057.

SANSEVERINO, A.M.; MENICONI, M.F.G. Avaliação de metodologias analíticas e teores de HPA em baleias, golfinhos, aves e tartarugas marinhas: atendimento ao licenciamento do polo pré-sal da Bacia de

Santos – etapa 2. RT AMA 024/2014. Rio de Janeiro, **PETROBRAS/CENPES.** p.19, 2014.

SANSEVERINO, A.M.; MENICONI, M.F.G. Avaliação de metodologias analíticas e teores de HPA em pinípedes e sirênios: atendimento ao licenciamento do polo pré-sal da Bacia de Santos – etapa 2. RT AMA 020/2015. Rio de Janeiro, **PETROBRAS/CENPES**, 2015. p.41, 2015.

SANTOS, M. C. D. O.; SICILIANO, S.; VICENTE, A. F. D. C.; ALVARENGA, F. S.; ZAMPIROLLI, E.; SOUZA, S. P. D.; MARANHO, A. 2010. Cetacean records along São Paulo state coast, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**. 58(2): 123-142.

SANTOS, M. C. DE O. et al. 2003. A Gervais' beaked whale (*Mesoplodon europaeus*) washed ashore in southeastern Brazil: extra limital record? **Aquatic Mammals**, v. 29, n.3, p. 404-410.

SASAKI, T.; NIKAIDO, M.; WADA, S.; YAMADA, T. K.; CAO, Y.; HASEGAWA, M.; OKADA, N. 2006. *Balaenoptera omurai* is a newly discovered baleen whale that represents an ancient evolutionary lineage. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 41:40–52.

SBROCCO, E. J.; BARBER, P. H. 2013. Marspec: ocean climate layers for marine spatial ecology: Ecological Archives E094-086. **Ecology**, v. 94, n. 4, p. 979-979.

SCHILLING, M. R.; SEIPT, I.; WEINRICH, M. T.; FROHOCK, S. E.; KUHLBERG, A. E.; CLAPHAM, P. J. 1992. Behavior of individually identified Sei whales, *Balaenoptera borealis*, during an episodic influx into the southern Gulf of Maine in 1986. **Fishery Bulletin**, 90(4): 749-755.

SCHMITT, N. T.; DOUBLE, M. C.; JARMAN, S. N.; GALES, N.; MARTHICK, POLANOWSKI, A. M.; BAKER, C. S.; STEEL DEBI. 2014. Low levels of genetic differentiation characterize Australian humpback whale (Megaptera novaeangliae) populations, **Marine Mammal Science**, 30:221–241.

SECCHI E., SICILIANO S. 1995. Comments on the southern range of the spinner dolphin (*Stenella longirostris*) in the western South Atlantic. **Aquatic Mammals**. 21: 105.

SECCHI, E. R.; VASKE JR., T. 1998. Killer whale (*Orcinus orca*) sightings and depredation on tuna and swordfish longline catches in southern Brazil. **Aquatic Mammals**, 24 (2): 117-122.

SEPÚLVEDA, M.; PÉREZ-ÁLVAREZ, M.J.; SANTOS-CARVALLO, M.; PAVEZ, G.; OLAVARRÍA, C.; MORAGA, R.; ZERBINI, A. N. 2018. From whaling to whale watching: Identifying fin whale critical foraging habitats off the Chilean coast. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**. 28(4): 821-829.

SEYBOTH, E.; GROCH, K. R.; SECCHI, E. R.; DALLA ROSA, L. 2015. Habitat use by southern right whales, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822), in their main northernmost calving area in the western South Atlantic. **Mar. Mamm. Sci**. 31, 1521–1537.

SHILLING, M. R.; SEIPT, I.; WEINRICH, M. T.; FROHOCK, S. R.; KUHLBERG, A. E.; CLAPHAM, P. J. 1992. Behavior of individually identified sei whales, Balaenoptera borealis, during episodic influx into the Southern Gulf of Maine in 1986. **Fishery Bulletin**. 90: 749-755.

SHIRIHAI, H.; JARRET, B. 2006. **Whales, dolphins and other marine mammals of the world. Princeton Field Guides**. Princeton and Oxford: Princeton University Press.

SICILIANO, S.; LAILSON-BRITO, J.; AZEVEDO, A. 1999. Seasonal occurrence of killer whales (*Orcinus orca*) of Rio de Janeiro, Brazil. **Zeitschrift fur Saugetierkunde** 64(4): 251-255.

SICILIANO, S.; SANTOS, M. C. O.; VICENTE, A. F. C.; ALVARENGA, F. S. 2004. Strandings and feeding records of Bryde´s whales (*Balaenoptera edeni*) in Southeastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom** 84(4): 857-859.

SILVA, M. A.; PRIETO, R.; JONSEN, I.; BAUMGARTNER, M. F.; SANTOS, R. S. 2013. North Atlantic blue and fin whales suspend their spring migration to forage in middle latitudes: building up energy reserves for the journey? **PLoS One**. 8(10), e76507.

SILVEIRA, I. C. A.; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S.; IKEDA, Y. 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 48(2): 171-183.

SIMÃO, S. M.; MOREIRA, S. C. 2002. Sound emissions from a female humpback whale in Arraial do Cabo (RJ, Brazil) [abstract]. **Bioacoustics**, v. 13(2): 201.

SIMÕES-LOPES, P. C.; FABIAN, M. E. 1999. Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 16(4): 1017-1024.

SIMÕES-LOPES, P. C.; DAURA-JORGE, F. G.; LODI, L.; BEZAMAT, C.; COSTA, A. P.; WEDEKIN, L. L. 2019. Bottlenose dolphin ecotypes of the western South Atlantic: the puzzle of habitats, coloration patterns and dorsal fin shapes. **Aquatic Biology**. 28: 101-111.

SMOLKER, R. A.; MANN, J.; SMUTTS, B. B. 1993. Use of signature whistles during separations and reunions by wild bottlenose dolphin mothers and infants. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 33, p. 393-402.

SOUTO, L. R. A.; OLIVEIRA, J. G. A.; DA COSTA, J. D. A. C.; MAIA-NOGUEIRA, R.; SAMPAIO, C. L. 2007. Análise das mordidas de tubarões-charuto, *Isistius* spp. (Squaliformes: Dalatiidae) em cetáceos (Mammalia: Cetacea) no litoral da Bahia, Nordeste do Brasil. **Biotemas**. 20(1): pp.19-25.

SREMBA, A. L.; HANCOCK-HANSER, B.; BRANCH, T. A.; LEDUC, R. L.; BAKER, C. S. 2012. Circumpolar diversity and geographic differentiation of mtDNA in the critically endangered Antarctic blue whale (*Balaenoptera musculus intermedia*). **PLoS One**, 7(3), e32579.

STEVICK, P. T. et al. 2004. Migrations of individually identified humpback whales between the Antarctic Peninsula and South America. **Journal of Cetacean Research Management**. 6(2): 109-14.

STIMPERT, A. K.; WILEY, D. N.; AU, W. W. L.; JOHNSON, M. P.; ARSENAULT, R. 2007. Megapclicks: acoustic click trains and buzzes produced during night-time foraging of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). **Biology Letters**, 3(5), 467-470.

STOCKIN, K. A.; AMARAL, A. R.; LATIMER, J.; LAMBERT, D. M.; NATOLI, A. 2014. Population genetic structure and taxonomy of the common dolphin

(*Delphinus* sp.) at its southernmost range limit: New Zealand waters. **Marine Mammal Science**, 30(1): 44-63.

SWEDENBORG, E.; PONGRATZ, I. AhR and ARNT modulate ER signaling, **Toxicology**, v. 268, p.132-138, 2010.

TAMURA, K., STECHER, G.; PETERSON, D.; FILIPSKI, A.; KUMAR, S. 2013. MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0**. Molecular biology and evolution**, 30: 2725–2729.

TANABE, S.; IWATA, H.; TATSUKAWA, R. Global contamination by persistent organochlorines and their ecotoxicological impact on marine mammals. **Science of the Total Environment**, v. 154, p.163-177, 1994.

TAVARES, M., MORENO, I. B., SICILIANO, S., RODRIGUEZ, D., DE O. SANTOS M. C.; LAILSON-BRITO, J.; FABIAN, M. E. 2010. Biogeography of common dolphins (genus *Delphinus*) in the Southwestern Atlantic Ocean. **Mammal Review**. 40(1): 40-64.

TERSHY, B. R.; ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A.; BREESE, D.; STRONG, C. 1993. Diet and feeding behavior of fin and Bryde's whales in the central Gulf of California, Mexico. **Rev. Inv. Cient. Univ**. Autón. Baja Calif. Sur. 1: 31-38.

THOMAS, L.; BUCKLAND, S. T.; REXSTAD, E. A.; LAAKE, J. L.; STRINDBERG, S.; HEDLEY, S. L.; BISHOP, J. R. B.; MARQUES, T. A.; BURNHAM, K. P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. **Journal of Applied Ecology**, 47: 5-14.

THORNE, L. H.; FOLEY, H. J.; BAIRD, R. W.; WEBSTER, D. L.; SWAIM, Z. T.; READ, A. J. 2017. Movement and foraging behavior of short-finned pilot whales in the Mid-Atlantic Bight: importance of bathymetric features and implications for management. **Marine Ecology Progress Series**, 584: 245-257.

TIAN, R.; SEIM, I.; REN, W.; XU, S.; YANG, G. Contraction of the ROS Scavenging enzyme glutathione S-transferase gene family in cetaceans. **G3**, v. 9, p. 2303-2315, 2019.

TOM, M.; CHEN, N.; SEGEV, M.; HERUT, B.; RINKEVICH, B. Quantifying fish metallothionein transcript by real time PCR for its utilization as an environmental biomarker. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, p. 705-710,

2004.

TORRES-FLOREZ, J. P.; HUCKE-GAETE, R.; ROSENBAUM, H.; FIGUEROA, C. C. 2014. High genetic diversity in a small population: the case of Chilean blue whales. **Ecology and Evolution**, 4(8): 1398-1412.

TOWERS, J. R.; TIXIER, P.; ROSS, K. A.; BENNETT, J.; ARNOULD, J. P. Y.; PITMAN, R. L.; DURBAN, J. W. 2018. Movement and dive behavior of a toothfish-depredating killer and sperm whale. **ICES Journal of Marine Science.** Disponível em: <doi.org/10.1093/icesjms/fsy118>. Acesso em: 23 fev. 2020.

TSUCHIYA, Y.; NAKAJIMA, M.; KYO, S.; KANAYA, T.; INOUE, M.; YOKOI, T. Human CYP1B1 is regulated by estradiol via estrogen receptor. **Cancer Research**, v.64, p. 3119-3125, 2004.

TYACK, P. 1983. Differential response of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, to playback of song or social sounds, **Behav. Ecol. Sociobiol**. 13, 49–55.

TYACK, P. 2000. Functional aspects of cetacean communication. Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales, Mann, J. W.; Connor, R. C.; Tyack, P. L. and Whitehead, H. (Eds.), p. 270-307. Chicago: Chicago Press.

TYACK, P. 2006. Extreme diving of beaked whales. **Journal of Experimental Biology**, 209: 4238-4253.

TYACK, P.; CLARK, C. Communication and acoustic behavior of dolphins and whales. 2000. In: AU, A. W. W.; Popper, L. N.; FAY, R. R. (Eds.) **Hearing by whales and dolphins** (pp. 156-224). New York: Springer- Verlag.

UNAL, E.; GOERTZ, C.E.C.; HOBBS, R.C. et al. Investigation of molecular biomarkers as potential indicators of health in wild belugas (*Delphinapterus leucas*). **Marine Biology**, v. 165, p. 182, 2018.

URIAN, K. W.; KAUFMANN, R.; WAPLES, D. M.; READ, A. J. 2019. The prevalence of ectoparasitic barnacles discriminates stocks of Atlantic common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) at risk of entanglement in coastal gill net fisheries. **Marine Mammal Science**. 35(1): 290-9.

VALENTIN, J. L. 2000. **Ecologia numérica:** uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Interciência.

VALSECCHI, E.; GLOCKNER-FERRARI, D.; FERRARI, M.; AMOS, W. 1998. Molecular analysis of the efficienty of sloughed skin sampling in whale population genetics. **Molecular Ecology**, 7(10): 1419-1422.

VAN BREE, P. J. H. 1971. On *Globicephala sieboldii* Gray 1846, and the other species of pilot whales (Notes on cetacean, Delphinoidea III). **Beaufortia**, 19: 79-87.

VAN BRESSEM, M. F. et al. 2009. Emerging infectious diseases in cetaceans worldwide and the possible role of environmental stressors. **Diseases of aquatic organisms**. 86(2): 143-157.

VAN BRESSEM, M. F.; MINTON, G.; COLLINS, T.; WILLSON, A.; BALDWIN, R.; VAN WAEREBEEK, K. 2015. Tattoo-like skin disease in the endangered subpopulation of the Humpback Whale, *Megaptera novaeangliae*, in Oman (Cetacea: Balaenopteridae). **Zoology in the Middle East**. 61(1): 1-8.

VAN CISE, A. M.; MARTIEN, K. K.; MAHAFFY, S. D.; BAIRD, R. W.; WEBSTER, D. L.; FOWLER, J. H.; OLESON, E. M.; MORIN, P. A. 2017. Familial social structure and socially driven genetic differentiation in Hawaiian short-finned pilot whales. **Molecular ecology**. 26(23): 6730-6741.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 13, p. 57-149, 2003.

VAN DOLAH, F.M.; NEELY, M.G.; MCGEORGE, L.E.; BALMER, B.C.; YLITALO, G.M.; ZOLMAN, E.S. et al. Seasonal variation in the skin transcriptome of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Northern Gulf of Mexico. **PLoS ONE**, v. 10, e 0130934, 2015.

VAN OOSTERHOUT, C.; HUTCHINSON, W.F.; WILLS, D.P.M; SHIPLEY, P. 2004. Micro-checker: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. **Molecular Ecology Notes**, 4: 535-538.

VARANASI, U.; STEIN, J.E.; NISHIMOTO, M. Biotransformation and disposition of PAH in fish. In: Metabolism of PAH in the Aquatic Environment, Ed. U. **Varanasi CRC Press**, p.93-149, 1989.

VIARENGO, A.; LOWE, D.; BOLOGNESI, C.; FABBRI, E.; KOEHLER, A. The

use of biomarkers in biomonitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 146, p. 281-300, 2007.

VIRICEL, A.; ROSEL, P. E. 2014. Hierarchical population structure and habitat differences in a highly mobile marine species: the Atlantic spotted dolphin. **Molecular Ecology**, 23(20): 5018-5035.

VIRICEL, A.; SIMON-BOUHET, B.; CEYRAC, L.; DULAU-DROUOT, V.; BERGGREN, P.; AMIR, O. A.; JIDDAWI, N. S.; MONGIN, P.; KISZKA, J. J. 2016. Habitat availability and geographic isolation as potential drivers of population structure in an oceanic dolphin in the Southwest Indian Ocean. **Marine Biology**, 163(10): 219.

VISSER, F.; HARTMAN, K.L.; PIERCE, G.J.; VALAVANIS, V.D.; HUISMAN, J. 2011. Timing of migratory baleen whales at the Azores in relation to the North Atlantic spring bloom. **Marine Ecology Progress Series**. 440: 267-279.

VONDRÁCEK, J.; MACHALA, M.; BRYJA, V.; CHRAMOSTOVÁ, K.; KRCMÁR, P.; DIETRICH, C.; HAMPL, A.; KOZUBÍK, A. Aryl Hydrocarbon Receptor-Activating Polychlorinated Biphenyls and Their Hydroxylated Metabolites Induce Cell Proliferation in Contact-Inhibited Rat Liver Epithelial Cells. **Toxicological Sciences**, 83(1): 53-63, 2005.

WADE, M.G; PARENT, S.; FINNSON, K.W.; FOSTER, W.; YOUNGLAI. E.; MCMAHON,A.; CYR, D.G.; HUGHES, C. Thyroid Toxicity Due to Subchronic Exposure to a Complex Mixture of 16 Organochlorines, Lead, and Cadmium. **Toxicological Sciences**, v.67,p. 207–218, 2002.

WADE, P. R.; GERRODETTE, T. 1993. Estimates of cetacean abundance and distribution in the eastern tropical Pacific. **Report of the International Whaling Commission**. 43: 477-493.

WANG, W.; DONG, L.; SAVILLE, B.; SAFE, S. Transcriptional Activation of E2F1 Gene Expression by 17β-Estradiol in MCF-7 Cells Is Regulated by NF-Y-Sp1/Estrogen Receptor Interactions. **Molecular Endocrinology**, v. 13, p. 1373-1387, 1999.

WAPLES, R. S; GAGGIOTTI, O. 2006. What is a population? An empirical evaluation of some genetic methods for identifying the number of gene pools and their degree of connectivity. **Molecular Ecology**, 15: 1419-1439.

WAPLES, R. S.; ENGLAND, P. R. 2011. Estimating contemporary effective population size on the basis of linkage disequilibrium in the face of migration. **Genetics**, 189: 633-644.

WATANABE S.; SHIMADA T.; NAKAMURA S.; NISHIYAMA N.; YAMASHITA N.; TANABE S.; TATSUKAWA R. Specific profile of liver microsomal cytochrome P-450 in dolphin and whales. **Marine Environmental Research**, 27, p.51–65, 1989. Disponível em: <DOI: 10.1016/0141-1136(89)90018-4> Acesso em: 18 out. 2020

WATKINS, W. A., M. A.; DAHER, A.; SAMUELS; GANNON, D. P. 1997. Observations of *Peponocephala electra*, the melon-headed whale, in the southeastern Caribbean. **Caribbean Journal of Science** 33: 34–40.

WATWOOD, S.; MILLER, P. O.; JOHNSON, M.; MADSEN, P. T.; TYACK, P. L. 2006. Deep-diving foraging behavior of sperm whales (*Physeter macrocephalus*). **Journal of Animal Ecology**, 75: 814–825.

WEDEKIN, L. L.; DAURA-JORGE, F. G.; ROSSI-SANTOS, M. R.; SIMÕES-LOPES, P. C. 2008. Notas sobre a distribuição, tamanho de grupo e comportamento do golfinho *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) na Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. **Biota Neotropica**. 8(4): 225-229.

WEDEKIN, L. L.; NEVES, M. C.; MARCONDES, M. C.; BARACHO, C.; ROSSI-SANTOS, M. R.; ENGEL, M. H.; SIMÕES-LOPES, P. C. 2010. Site fidelity and movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Brazilian breeding ground, southwestern Atlantic. **Marine Mammal Science**. 26(4): 787-802.

WEDEKIN, L. L.; ROSSI-SANTOS, M. R.; BARACHO, C.; CYPRIANO-SOUZA, A. L.; SIMÕES-LOPES, P. C. 2014. Cetacean records along a coastal-offshore gradient in the Vitória-Trindade Chain, western South Atlantic Ocean. **Brazilian Journal of Biology**, 74(1): 137-144.

WEIR, B. S.; COCKERHAM, C. C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. **Evolution**, 38: 1358–1370.

WEIR, C. R.; OMS, G.; BARACHO-NETO, C. G.; WEDEKIN, L. L.; DAURA-JORGE, F. G. 2020. Migratory movement of a sei whale (*Balaenoptera borealis*) between Brazil and the Falkland Islands (Malvinas). **Marine Mammal Science**. 36(3): 1050-1057.

WEIR, C. R.; POLLOCK, C.; CRONIN, C.; TAYLOR, S. 2001. Cetaceans of the Atlantic frontier, north and west of Scotland. **Continental Shelf Research**, 21: 1047-1071.

WELLS, R. R.; MANIRE, C.; BYRD, L.; SMITH, D.; GANNON, J.; FAUQUIER, D.; MULLIN, K. 2009. Movements and dive patterns of a rehabilitated Risso's dolphin, *Grampus griseus*, in the Gulf of Mexico and Atlantic Ocean. **Marine Mammal Science**, 25: 420-429.

WHITEHEAD, H.; WEILGART, L. 1991 Patterns of visually observable behaviour and vocalizations in groups of female sperm whales. **Behaviour**,118: 275-296.

WHITEHEAD, H.; WEILGART, L. 2000. The sperm whale: Social females and roving males. Pages 154–172. In: MANN, J.; CONNOR, R. C.; TYACK, P. L.; WHITEHEAD, H (Eds). Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales. Chicago, IL: University of Chicago Press.

WICKERT, J. C. S. V. E.; MAILLARD, L. R.; (OLIVEIRA; MORENO, I. B.). 2016. Revalidation of *Tursiops gephyreus* Lahille, 1908 (Cetartyodactila: Delphinidae) from the Southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Mammalogy**, 97:1728–1737.

WIECZOREK, D.; DELAURIERE, L.; SCHAGAT, T. Methods of RNA Quality Assessment. **Promega Corporation**, p.1-14, 2012.

WILBERG, M. J.; DREHER, B. P. 2004. GENECAP: a program for analysis of multilocos genotype data for non-invasive sampling and capture-recapture population estimation. **Molecular Ecology Notes**, 4 (4): 783-785.

WILLIAMS, J. A.; DAWSON S. M.; SLOOTEN. E. 1993. The abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Doubtful Sound, New Zealand. **Canadian Journal of Zoology**, 71: 2080–2088.

WILSON, B.; ARNOLD, H.; BEARZI, G.; FORTUNA, C. M.; GASPAR, R.; INGRAM, S.; LIRET, C.; PRIBANIĆ, S.; READ, A.J.; RIDOUX, V.; SCHNEIDER, K.; URIAN, K.W.; WELLS, R. S.; WOOD, C.; THOMPSON,

P.M.; HAMMOND, P. S. 1999. Epidermal diseases in bottlenose dolphins: impacts of natural and anthropogenic factors. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**. 266(1423): 1077-1083.

WILSON, J.Y.; WELLS, R.; AGUILAR, A.; BORRELL, A.; TORNERO, V.; REIJNDERS, P.; MOORE, M.; STEGEMAN, J.J. Correlates of cytochrome P450 1A1 expression in bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) integument biopsies. **Toxicological Sciences**, v. 97, p. 111-119, 2007.

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

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

WRIGHT, B. M.; FORD, J. K. B.; ELLIS, G. M.; DEECKE, V. B.; SHAPIRO, A. D.; BATTAILE, B. C.; TRITES, A. W. 2017. Fine-scale foraging movements by fish-eating killer whales (*Orcinus orca*) relate to the vertical distributions and escape responses of salmonid prey (*Oncorhynchus* spp.). **Movement Ecology**, 1: 1181.

WÜRSIG, B.; JEFFERSON, T. A. 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. **Reports of the International Whaling Commission** (Special Issue 12), 42-43.

WÜRSIG, B.; WÜRSIG, M. 1977. The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*). **Science**, 198(4318), 755-756.

YANG, L. et al. Sex Differences in the Expression of Drug-Metabolizing and Transporter Genes in Human Liver. **Journal of Drug Metabolism & Toxicology**, 3(3): 1000119, 2012.

YORDY, J.E.; WELLS, R.S.; BALMER, B.C.; SCHWACKE, L.H.; ROWLES,

T.K.; KUCKLICK, J.R. Life history as a source of variation for persistent organic pollutant (POP) pat- terns in a community of common bottlenose dolphins (Tursiops truncatus) resident to Sarasota Bay, FL. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 2163-2172, 2010.

ZACCHI, F.L.; FLORES-NUNES, F.; MATTOS, J.J.; LIMA, D.; LÜCHMANN, K.H.; SASAKI, S.T.; BÍCEGO, M.C.; TANIGUCHI, S.; MONTONE, R.C.; ALMEIDA, E.A.; BAINY, A.C.D. Biochemical and molecular responses in oysters *Crassostrea brasiliana* collected from estuarine aquaculture areas in Southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 135, p. 110-118, 2018.

ZAMEK-GLISZCZYNSKI, M.J; HOFFMASTER, K.A.; NEZASA, K.; TALLMAN, M.N.; BROUWER, K.L.R. Integration of hepatic drug transporters and phase II metabolizing enzymes: Mechanisms of hepatic excretion of sulfate, glucuronide, and glutathione metabolites, **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 27, p. 447-486, 2006.

ZAR, J. H. 2010. **Biostatistical Analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 944 p.

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

ZERBINI, A. N.; CASTELLO, H. 2003. Rediscovery of the type specimen of the Antarctic minke whale (*Balaenoptera bonaerensis*, Burmeister, 1867). **Mammalian Biology**. 68(2): 118-121.

ZERBINI, A. N.; SANTOS, M. C. D. O. 1997. First record of the pygmy killer whale *Feresa attenuata* (Gray, 1874) for the Brazilian coast. **Aquatic Mammals**. 23: 105-110.

ZERBINI, A. N.; SECCHI, E. R.; SICILIANO, S.; SIMÕES-LOPES, P. C. 1997. A review of the occurrence and distribution of whales of the genus Balaenoptera along the Brazilian coast. In: **Report of the International Whaling Commission**, Vol. 47. pp. 407–417.

ZERBINI, A. N.; WARD, E. J.; KINAS, P. G.; ENGEL, M. H.; ANDRIOLO, A. 2011. A Bayesian assessment of the conservation status of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. **Journal of Cetacean Research Management (Special Issue)**, 3: 131–144.

ZOIDIS, A. M.; SMULTEA, M. A.; FRANKEL, A. S.; HOPKINS, J. L.; DAY, A.; MCFARLAND, A. S.; WHITT, A. D.; FERTL, D. (2008). Vocalizations produced by humpback whale (Megaptera novaeangliae) calves recorded in Hawaii, **Journal of the Acoustic Society of America**, 123: 1737–1746.

ZUUR, A.F., IENO, E.N.; SMITH, G.M. 2007. **Analyzing ecological data**. Springer, New York.

VIII. ANEXOS

Anexo III-1: *Procedimentos Operacionais do PMC*

OBJETIVO
Descrever os procedimentos relativos à realização das biópsias durante as campanhas de avistagem embarcada e telemetria do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS.

Controle de Revisões	
Data	**Descrição**
17/03/2016	Alteração derivadas da revisão do CENPES e professores Afonso Bainy e Karim Hahn Lüchmann
25/07/2016	Alterações derivadas do Treinamento de coleta de amostras de Biomarcadores
11/10/2016	Revisão ortográfica e gramatical
19/01/2017	Alteração para um melhor acondicionamento das amostras

1. Material disponível no barco para a atividade

- Caixa plástica de ferramenta (55 cm x 23,5 cm) com material de utilização geral e material descontaminado (kits contendo pinça, cabo de bisturi, placa de petri de vidro e ponteira):
  - Cabos de bisturi N°4 de aço inoxidável, 14 cm (material descontaminado)
  - Pinças histológicas (retas com ponta fina), em aço inoxidável, 16 cm (material descontaminado)
  - Placas de Petri de vidro 100x20mm (material descontaminado)
  - Ponteiras para Biópsia (25mm e 40mm) (material descontaminado)
  - Lâminas de bisturi (N° 20, de aço inoxidável estéril e descontaminadas)
  - Canetas Permanentes de Ponta Ultrafina (azul)
  - Lápis
  - Rolo de papel vegetal
  - Rolos de papel alumínio
  - Sacos ziplock (20 x 28)
  - Potes de plástico com tampa
- Dois botijões de nitrogênio líquido (um botijão na Socioambiental)
- Microtubos de 2 ml de rosca com tampa separada (marca Kasvi) – Para amostras de Genética
- Tubo criogênico de 2 ml com tampa (Kasvi -K2-202 - DNA, DNase, RNase e Pyrogen FREE) – Para amostras de biomarcadores
- Tubo criogênico de 5 ml com tampa (Kasvi -K2-250 - DNA, DNase, RNase e Pyrogen FREE) – Para amostras de contaminantes
- Caixas de luva de procedimento azul nitrílica (P), (M) e (G)
- Caixa (rack) com identificação alfanumérica para estocagem em freezer (capacidade para 100 microtubos de 2 ml)
- Coletor para material perfurocortante (Descarpack)
- Rolo de toalhas de papel
- Frasco de etanol 70% (1 litro)

- RNAlater RNA Stabilization Reagent de 50ml (deve permanecer armazenado na geladeira)
- Dardos para biópsia
- 1 besta Buffalo River 120 libras
- 1 besta Buffalo River 150 libras
- Molinete e linha de nylon
- Isopor para envio das amostras de genética
- Isopor para envio das amostras de contaminantes
- Isopor para envio das amostras de biomarcadores
- Etiquetas com endereço dos laboratórios para envio das amostras

2. Revisão do Material disponível

- A equipe responsável pela biópsia e pelo processamento das amostras também terá a responsabilidade de fazer a checagem e listagem quantitativa do material disponível a bordo.
- A checagem do material deve ser realizada no dia do embarque e revista semanalmente.
- Quando for identificado que o material de biopsia atingiu 50% do disponível, o coordenador da campanha deve ser informado para que o mesmo repasse essa informação para a equipe de apoio em terra por meio do AUTOTRACK.

3. Colocação da ponteira no dardo

- A ponteira deve ser atarraxada no dardo com uma luva nitrílica para não haver contaminação.
- Uma vez colocada no dardo, a ponteira não deve encostar em locais onde possa haver contaminação.

4. Biópsia

Campanha de Avistagem Embarcada

- As biópsias serão realizadas da proa do navio, de forma oportunística, para amostrar pequenos cetáceos *bow-riding,* usando dardos amarrados com linha de nylon a um molinete preso na balestra.
- Serão utilizadas as ponteiras de 25 mm para pequenos cetáceos.
- Biopsiar todos os cetáceos que permitirem aproximação. Preferencialmente associar a biopsia à fotoidentificação, mas se não for possível, biopsiar o animal assim mesmo.
- Os dardos devem ser disparados a uma distância mínima de 4 m do animal, e apontados para o meio do dorso, logo abaixo da nadadeira dorsal.
- A cada cinco disparos da balestra, lubrificar a corda do arco com cera apropriada (Rail Lube).
- Se o disparo não for efetuado, desarmar a balestra sem disparar, soltando o botão e segurando o elástico. Não havendo contaminação da ponteira, a mesma deve ser manipulada com luva nitrílica e embrulhada em papel laminado com a parte brilhosa para fora e guardada na caixa de material descontaminado.

Campanha de Telemetria

- As biópsias serão realizadas de um bote inflável (o mesmo utilizado para marcação de telemetria) para amostrar cetáceos de médio e grande porte usando dardos livres. O esforço de biópsia também poderá ocorrer da proa do navio, conforme descrito na campanha de avistagem.

- Serão utilizadas as ponteiras de 40 mm para cetáceos de médio e grande porte e de 25 mm para pequenos cetáceos (amostrados na proa).
- Biopsiar todos os cetáceos que permitirem aproximação. Preferencialmente associar a biopsia à fotoidentificação, mas se não for possível, biopsiar o animal assim mesmo.
- Os dardos devem ser disparados a uma distância mínima de 4 m do animal, e apontados para o meio do dorso, logo abaixo da nadadeira dorsal.
- Como na campanha de avistagem, a corda do arco será lubrificada com cera (Rail Lube) após cinco disparos da balestra.
- Se o disparo não for efetuado, desarmar a balestra sem disparar, soltando o botão e segurando o elástico. Não havendo contaminação da ponteira, a mesma deve ser manipulada com luva nitrílica e embrulhada em papel laminado com a parte brilhosa para fora e guardada na caixa de material descontaminado.
- Depois de realizada a Biópsia, o bote deve voltar imediatamente para o barco para que se inicie o procedimento de processamento das amostras, caso contrário as amostras de Biomarcadores podem ser danificadas. No trajeto até o barco, a ponteira deve ficar em gelo filtrado em isopor tampado.

5. Fracionamento do material biológico coletado

- Remover a ponteira da flecha usando luva nitrílica.
- Usar uma pinça descontaminada para empurrar o material biológico coletado para dentro da ponteira, em direção à rosca, removendo-o pela extremidade posterior da ponteira.
- Na bancada de procedimento, colocar o material biológico sobre uma placa de petri de vidro descontaminada.
- Separar a epiderme da gordura usando lâmina de bisturi descontaminada. A lâmina deve ser descartada após utilização (uma lâmina por material biológico).
- Dividir a epiderme em duas amostras, cortadas perpendicularmente (1/3 para análises genéticas e 2/3 para análises de biomarcadores).
- O processamento das amostras de Biomarcadores deve ter prioridade. Este processamento, da biópsia até o armazenamento em nitrogênio líquido, deve ser realizado preferencialmente em no máximo 15 minutos (minimizando o efeito da protease).
- Dividir a amostra de Biomarcadores em dois criotubos: 1/2 para bioquímica, que deve ser identificada com a sigla BB, e 1/2 para análise molecular que deve ser identificada com a sigla BM.
- Não havendo amostra de gordura, toda a epiderme deve ser destinada às análises genéticas.
- Se o volume da amostra for muito grande para o tamanho do tubo, ela deve ser dividida de forma a disponibilizar amostras em duplicata.

6. Identificação das amostras

- Cada coleta de material biológico (biópsia) receberá um número sequencial, e as amostras fracionadas deste material serão identificadas com o mesmo número.
- As amostras para as diferentes análises serão diferenciadas por uma letra:
  - Análise Genética: **G**
  - Biomarcadores: **BB** (BIOQUIMICA) e **BM** (MOLECULAR)
  - Contaminantes: **C**
- As amostras terão terminologia conforme exemplo abaixo:
  - Primeira biópsia: **1G**; **1B**; **1C**
  - Vigésima biópsia: **20G**; **20BB; 20BM**; **20C**

- As amostras duplicadas receberão o mesmo número, porém diferenciadas com a letra **D**, que deve ser inserida ao final da terminologia, ex.: **20CD**.

7. Acondicionamento das amostras

Genética

- A amostra (1/3 de epiderme, conforme item 3) deve ser inserida em microtubo de 2 ml contendo álcool 70%. A amostra deve ficar completamente submersa no álcool.
- O material das amostras de baleia jubarte deverá ser armazenado no microtubo de 2 ml contendo RNAlater RNA Stabilization Reagent (ao invés de álcool 70%).
- A terminologia da amostra deve ser escrita no tubo com caneta específica e em papel vegetal, escrito a lápis, sendo inserido dentro do microtubo junto com a amostra. Certificar-se que a tampa do tubo está bem fechada e que o álcool não borrou a terminologia da amostra escrita no tubo.
- Guardar os microtubos na caixa (rack).
- As amostras para análise Genética devem ser mantidas refrigeradas na geladeira/freezer.

Biomarcadores

- Os tubos de 2 ml (Kasvi -K2-202 - DNA, DNase, RNase e Pyrogen FREE) deverão ser congelados no botijão de Nitrogênio líquido antes de se colocar as amostras, a fim de evitar que a tampa se solte por contração do material devido ao congelamento do frasco. Ou seja, estes deverão ser mantidos no botijão de nitrogênio até seu uso.
- Colocar a amostra (2/3 de pele, conforme item 3) em dois tubos criogênico de 2 ml (bioquímica e molecular).
- A terminologia da amostra deve ser escrita no tubo com caneta específica.
- As amostras de biomarcadores devem ser mantidas congeladas dentro do botijão de Nitrogênio nos canisters vermelho (4), verde (5) e azul (6) do botijão de número 1.

Contaminantes (HPA)

- A amostra de gordura deverá ser colocada em papel alumínio, com o lado brilhante voltado para fora. A amostra deve ser embrulhada várias vezes com o papel alumínio para proteger de contaminação externa, bem como para manter o embrulho firme e coeso. Depois de embrulhada, a amostra deve ser colocada em tubo criogênico de 5 ml.
- A terminologia da amostra deve ser escrita no tubo com caneta específica e em papel vegetal, escrito a lápis. O papel vegetal deve ser inserido no papel alumínio, mas com o cuidado de não entrar em contato com a amostra.
- As amostras para análise de contaminantes devem ser mantidas congeladas dentro do botijão de Nitrogênio nos canisters branco (1), amarelo (2) e preto (3) do botijão de número 1.

8. Informações importantes

- Nunca utilizar recipientes ou espátulas de plástico no manuseio das amostras para análise de contaminantes, pois o contato direto de plásticos com o tecido invalida a amostra, pela contaminação com compostos orgânicos presentes nestes materiais.
- Quando embarcado, deve-se tomar cuidado para não contaminar o material de coleta com o óleo da embarcação ou fumaça do motor. A coleta deve ser feita sempre o mais distante possível do cano de escape do motor (preferencialmente na proa da embarcação).

9. Limpeza dos Materiais

- Descartar a luva após o manuseio das amostras.
- Descartar a lâmina de bisturi, colocando-a no coletor para material perfurocortante (Descarpack).
- Lavar o restante do material (pinça, cabo de bisturi, placa de petri e ponteiras) com água e detergente neutro, com auxílio de esponja, e armazenar em caixa plástica de material usado para a posterior descontaminação em terra.
- Secar bem o material antes de guardar para não enferrujar.
- Limpar a rosca da flecha (usando luva nitrílica) com algodão e álcool para remover fragmentos de tecido.
- Nunca colocar qualquer material usado no recipiente de material descontaminado.

10. Envio das amostras

- Todas as amostras serão enviadas ao final do cruzeiro.
- Cada envio deve ser acompanhado de um documento de custódia (ver item **11 Documento de Custódia**).
- As amostras de epiderme em álcool 70% e de baleia jubarte em RNALater, para as análises genéticas, serão enviadas em saco Ziplock dentro de uma caixa de isopor pelo correio (SEDEX) para o Laboratório de Biologia Genômica e Molecular na Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS, sob responsabilidade do Dr. Sandro Luis Bonatto. Endereço: Avenida Ipiranga, 6681, prédio 12C, sala 134, bairro Partenon, Porto Alegre - RS, CEP: 90619-900.
- As amostras de epiderme armazenadas em nitrogênio líquido serão destinadas à realização da análise de biomarcadores e seguirão para Laboratório indicado pela Petrobras, o Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica da Universidade Federal de Santa Catarina LABCAI/UFSC.
- As amostras para análise de contaminantes deverão ser encaminhadas para laboratório a ser designado pela Petrobras
- Para a qualidade analítica do resultado da análise de **contaminantes** e **biomarcadores** é muito importante que as **amostras fiquem refrigeradas na temperatura de -80^{o}C** durante o transporte até o laboratório responsável. Para tanto, as amostras deverão ser **encaminhadas em isopor com gelo seco**. O transporte será feito pela TAM CARGO ou entregue em mãos.

11. Documento de Custódia

- Cada envio de amostra deverá ser acompanhado de um documento de custódia que apresentará a listagem das amostras e informações específicas sobre as mesmas.
- Não havendo documento de custódia específico do laboratório, utilizar o modelo fornecido pela Socioambiental.
- A responsabilidade pelo preenchimento do documento de custódia é dos profissionais envolvidos na biopsia, assim como o processamento da amostra e o transporte.

12. Planilha de Biópsia

- A ficha de Biópsia deve ser preenchida para cada biópsia realizada.
- A responsabilidade pelo preenchimento da ficha de biópsia é dos profissionais envolvidos na biopsia e no processamento da amostra.

13. Manejo dos Botijões de Nitrogênio

- As amostras de biomarcadores e contaminantes devem ser armazenadas no botijão identificado com o número 1, sendo as amostras de contaminantes colocadas nos

canisters branco (1), amarelo (2) e preto (3), e as amostras de biomarcadores nos canisters vermelho (4), verde (5) e azul (6).

- A revisão de nível de nitrogênio do botijão 1 deve ser realizada com a régua de medição a cada 7 dias nos primeiros 15 dias. Após os primeiros 15 dias, esta revisão deve ser realizada de 3 em 3 dias. A régua deve ser inserida no botijão por 2 segundos para essa medição. Ao retirar a régua, agitar a mesma, a parte congelada (branca) indica o nível do nitrogênio.
- O reabastecimento do botijão deve ser feito quando o nível de nitrogênio líquido do botijão 1 chegar em 20 cm; a estimativa para chegada neste nível é de 40 dias.
- Necessário uso de luvas e óculos de proteção para aqueles que fizerem o transbordo do nitrogênio líquido.
- Reabastecer o botijão 1 com aproximadamente 10 cm de nitrogênio, ou seja, se a régua estiver indicando 20 cm. Após o reabastecimento, a mesma deve apresentar 30 cm.
- Para o reabastecimento, utilizar primeiro o botijão 2. Quando a carga deste acabar, iniciar o uso do botijão 3.
- O procedimento de medição e reabastecimento deve ser seguido conforme os vídeos demonstrativos disponíveis na embarcação e apresentados no curso de nivelamento.

14. Descontaminação e assepsia do material utilizado (ponteiras, pinças, cabos de bisturi, lâminas e placas de petri de vidro) – Realizada em laboratório contratado

- Todo o procedimento deve ser realizado utilizando luvas nitrílicas.
- As pinças, cabos de bisturi, lâminas e placas de petri de vidro devem ser lavados com água e detergente neutro, com auxílio de esponja de limpeza. Os materiais devem, então, ser rinsados com água ultrapura tipo 1, segundo ASTM (“água Milli-Q”). Após este procedimento, devem ser rinsados com acetona P.A. (verificar se não há mais resíduo de água). Por último, devem ser rinsados com diclorometano (grau resíduo ou pesticida). O manuseio dos solventes deverá ser feito em uma capela.
- As ponteiras devem ser lavadas com água e detergente neutro, com auxílio de esponja, e rinsadas com água Milli-Q. Após este procedimento, cada ponteira deve ser limpa por dentro usando uma pinça com algodão embebido em acetona P.A. para remover todo o resto de tecido que possa ter ficado aderido às farpas internas da ponteira. Por último, devem ser rinsadas com acetona P.A. e na sequência rinsadas com diclorometano, como descrito previamente.
- Todos os materiais, com exceção da placa de petri de vidro, podem também ser lavados com água e detergente neutro, depois rinsados com “água Milli-Q”, e descontaminados em forno mufla a 400^{o}C por 4 horas.
- Após a descontaminação, os materiais devem ser embrulhados em papel alumínio, com a face brilhante voltada para fora, e acondicionados em um recipiente (pote) para material descontaminado. As ponteiras embrulhadas em papel alumínio devem ser armazenadas em um saco ziplock limpo. Cada kit contendo pinça, cabo de bisturi e placa de petri deve ser separado em um saco ziplock limpo.

OBJETIVO
Descrever os procedimentos relativos à observação visual em campanhas embarcadas do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS.

Controle de Revisões	
Data	**Descrição**
04/05/2016	Revisão e atualização do protocolo
20/09/2016	Revisão e atualização do protocolo
11/10/2016	Revisão ortográfica e gramatical

1. Preparação campanha

Os seguintes equipamentos deverão ser separados e devidamente acomodados para utilização nas campanhas de observação visual do PMC:

Tabela 1: Lista básica de equipamentos para as campanhas embarcadas.

Item	Quantidade
Fichas de campo	200
Fichas diárias	60
Prancheta	2
Lápis, borracha, apontador, estilete, tesoura	-
Alidade / transferidor	2
Guia de identificação de cetáceos	1
GPS	2
Binóculos reticulados (7x50)	3
Binóculos com estabilização de imagem (15x50)	2
Computadores + fontes	2
Anemômetro	1
Máquina fotográfica Nikon + carregador	2
Lente Nikon 70-300	2
Cartão de memória (64 GB)	2
Cabo USB/mini-USB	2
Balestra (120 e 150 lb)	2
Flechas	10
Ponteiras (pequenos e grandes cetáceos)	20
Maleta com equipamento de biópsia	1
Pilhas AA recarregáveis + carregador	20
Sistema de comunicação interno VHF	4
Telefone satelital com carregador e manual	1

Item	Quantidade
Manuais: SMS, Biópsia, Campanha Embarcada	-
Cadeirinhas e mosquetões de duplo bloqueio	4
Capacetes	4
Outros EPIs (ver check list EPIs)	-

2. Coleta de dados

O desenho amostral da campanha seguirá um zigue-zague de Florianópolis/SC a Arraial do Cabo/RJ na ida e no retorno, contemplando tanto a zona costeira como a oceânica de forma contínua, formando duas malhas de linhas paralelas com ângulos diferentes em relação à costa, de aproximadamente 60 milhas náuticas de distância entre as linhas (**Figura 1**). Tipicamente, os cruzeiros se iniciarão no sul da área de estudo. O total de milhas percorridas em esforço de observação será de aproximadamente 2.760 milhas náuticas.

Estima-se, dentro de condições propícias de navegabilidade (vento com intensidade menor que 15 nós e ondulação menor que 2 metros), que cada linha de transecção (trecho entre dois vértices – pontos – apresentados na Figura 1) seja percorrida em cerca de dois dias, considerando a velocidade constante da embarcação de 7 nós, o período de operação da avistagem e MAP de 10 a 12 horas/dia (considerando o fotoperíodo da época em que a campanha será realizada). Sendo assim, a cada intervalo de quatro a cinco dias, a embarcação se encontrará junto à costa, o que facilitará as trocas de equipe técnica a cada 15 dias e/ou da tripulação, bem como o atendimento de eventuais necessidades de abastecimentos da embarcação (água, combustível e víveres).

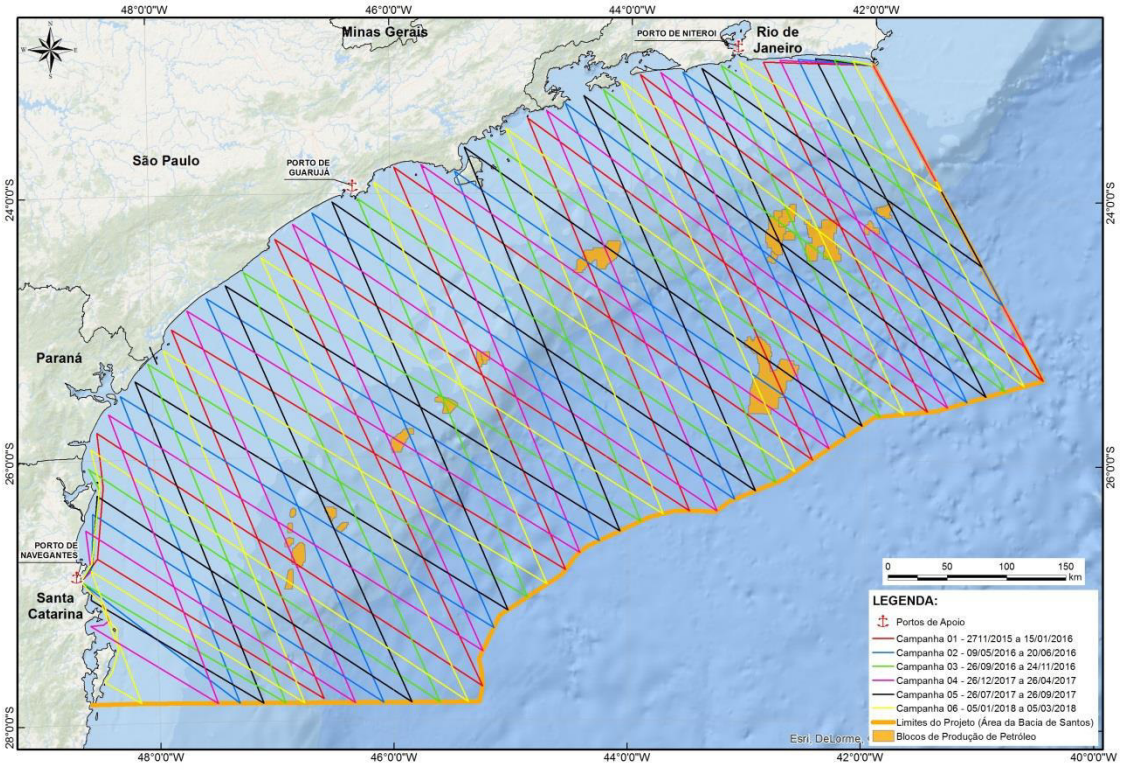


Figura 1: *Linhas de transecção planejadas para o cruzeiro de avistagem e MAP nos três anos de vigência do projeto.*

Para o sucesso das observações visuais, **as condições de mar durante a operação deverão ter um nível máximo de 5 na escala Beaufort (ventos de até 21 nós e ondulação**

de, no máximo, 3 metros). A hipótese de paralisação das atividades de observação visual durante a campanha poderá se dar nas seguintes condições:

- a continuidade de observações para detecção visual de cetáceos e demais procedimentos poderá ser mantida até o limite do nível 5 na escala Beaufort. A decisão sobre esse limite, observando-se as variáveis da referida escala, será tomada pelo Coordenador da Equipe Embarcada, que deverá compartilhar sua decisão com o Comandante da embarcação. Deverá prevalecer a posição mais conservadora;

- além do estado do mar, a amostragem também poderá ser paralisada em caso de chuva forte momentânea ou prolongada, ou no caso de chuva fraca ou chuvisco prolongado, que impeçam a utilização dos equipamentos óticos ou ocasionem condições insalubres de observação à equipe. A decisão sobre paralisação por chuva será tomada pelo Coordenador da Equipe Embarcada;

- a paralização de todos os procedimentos da campanha por mau tempo (condições de mar acima do nível 6 da escala Beaufort) será uma decisão do Comandante da embarcação, que poderá decidir sobre a permanência da embarcação no ponto de paralisação ou pela arribada da mesma em local protegido mais próximo possível. Além das condições verificadas *in situ*, o Comandante terá à disposição previsões meteoceanográficas atualizadas periodicamente via apoio de terra. A segurança e saúde da equipe sempre terão prioridade na tomada de decisões.

A embarcação cobrirá linhas de transecção contando os grupos ao longo destas unidades amostrais. **O esforço amostral será realizado sempre com luz do sol**, iniciando logo após o nascer do sol e encerrando pouco antes do pôr do sol. A amostragem será realizada no **modo de passagem**, ou seja, quando um grupo é observado, a embarcação continua seu trajeto normal, sem paralisação da amostragem ou desvio de rota (salvo em caso da manobra "360" – ver abaixo).

Haverá um **controle rigoroso do esforço amostral tanto temporal quanto espacialmente**. A hora do início e do fim, bem como as coordenadas geográficas inicial e final da amostragem serão registradas em fichas de campo padronizadas (ver anexos). A hora do início e do fim da amostragem deverá ser arredondada em 0 e 5 minutos. As linhas de transecção de uma campanha deverão ser numeradas sequencialmente, iniciando em 1. Sempre que a amostragem for paralisada, a numeração da linha de transecção deverá mudar sequencialmente.

O odômetro do GPS será zerado no início da linha de transecção para o registro do total de milhas náuticas percorridas no fechamento da amostragem na linha. A **função *track* do GPS será acionada** (registro por tempo a cada 5 minutos) e o GPS deverá permanecer ligado e com sinal durante todo o período de amostragem. **Sempre se deve conferir se o GPS está ligado e com pilhas durante a amostragem**.

No início da amostragem serão registradas as condições ambientais (ver anexos), com as seguintes variáveis: (a) reflexo no campo visual; (b) cobertura de nuvens; (c) escala de visibilidade; (d) estado do mar na escala Beaufort; e (e) condição de tempo. Sempre que mudar alguma condição, o registro da mudança deverá ser realizado. **Faz parte das atribuições dos observadores avaliar continuamente as condições ambientais** e efetivar as mudanças pertinentes conforme forem verificadas.

A embarcação percorrerá as linhas a uma **velocidade de aproximadamente sete nós**. Os observadores deverão permanecer em **regime de revezamento a cada 40 minutos** para evitar a fadiga ou vícios individuais de amostragem pelos observadores. No mínimo quatro observadores de bordo **revezar-se-ão em duas posições de observação em cada**

bordo, uma posição de anotador/observador da proa e uma ou mais posições de descanso (**Figura 2**). Deste modo, três observadores de bordo atuarão simultaneamente em esforço amostral. O regime de trabalho mais intenso possível será de 2 horas de observação para 40 minutos de descanso (e possivelmente mais tempo de descanso conforme a disponibilidade de observadores). **As posições dos observadores serão sorteadas no início de cada dia**, antes de começar o esforço de observação.

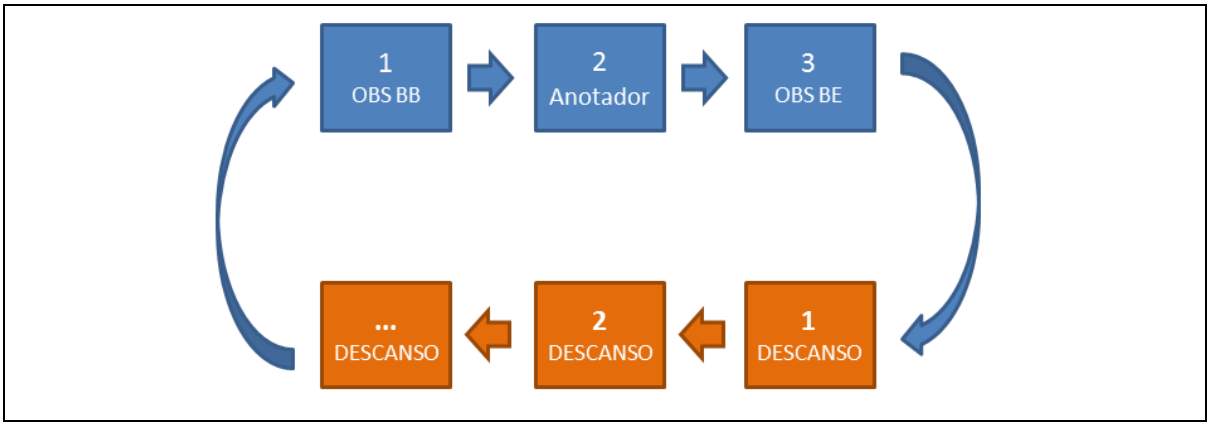


Figura 2: *Esquema de revezamento de observadores de bordo.*

Haverá sobreposição dos campos visuais dos três observadores na proa da embarcação (**Figura 3**). **Os observadores de cada bordo usarão os binóculos reticulados (7x50) e o olho nu para a detecção dos grupos**. **O Observador/anotador da proa usará tanto o binóculo com estabilização de imagem (15x50) e olho nu para detectar os grupos**. Os observadores deverão alternar entre observação a olho nu e com binóculos, aproximadamente 50% do tempo com cada método. Registros a mais de 90° dos bordos, nas aletas e popa da embarcação, não serão considerados em esforço, mas poderão ser registrados pelos observadores como "Fora de Esforço".

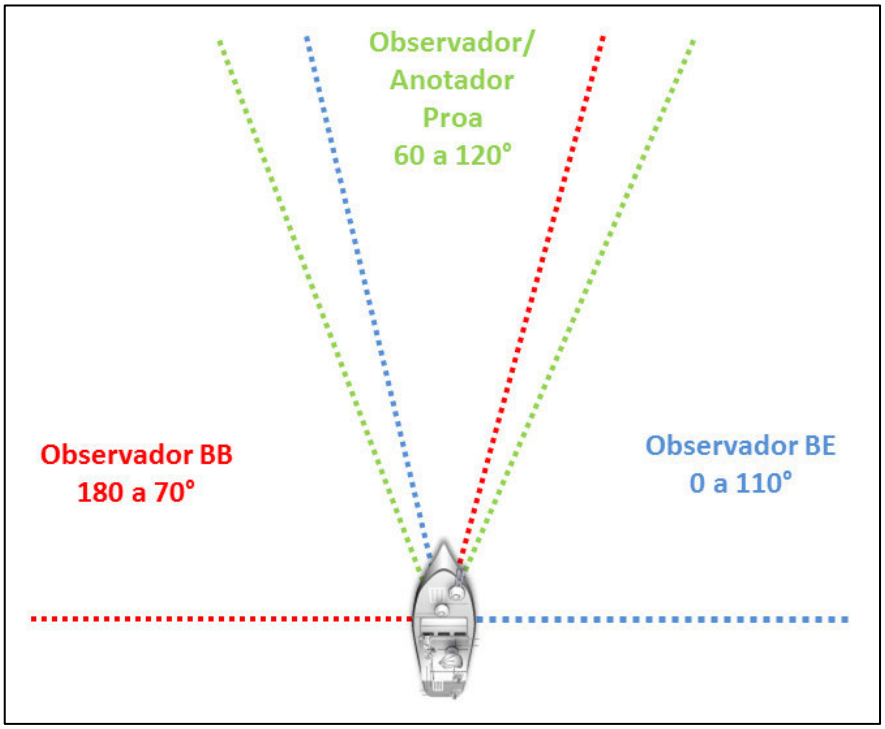


Figura 3: *Campos visuais de cada um dos observadores.*

No momento da detecção de um grupo de cetáceos, os observadores deverão registrar o ângulo horizontal usando uma alidade (**Figura 4**) **e o número de retículos do binóculo entre o horizonte e o grupo** (**Figura 5**). Estas informações permitirão o cálculo da distância perpendicular do grupo em relação à linha de transecção. Quando o horizonte da mensuração do retículo não for mar, nos casos em que a embarcação estiver próxima da costa ou ilhas, deve-se anotar esta condição nas observações.

Um **grupo será definido como "qualquer agregação em uma mesma área com comportamento coordenado ou não"**. Em caso de grupo misto, ou associação interespecífica entre duas ou mais espécies de cetáceos, o registro de cada espécie na ficha deverá ser feito em linhas diferentes, com a observação de que era um grupo misto. Neste caso, a hora, posição geográfica e outras informações devem ser iguais entre os registros. Entretanto, a estimativa do tamanho do grupo deverá ser feita para cada espécie separadamente.

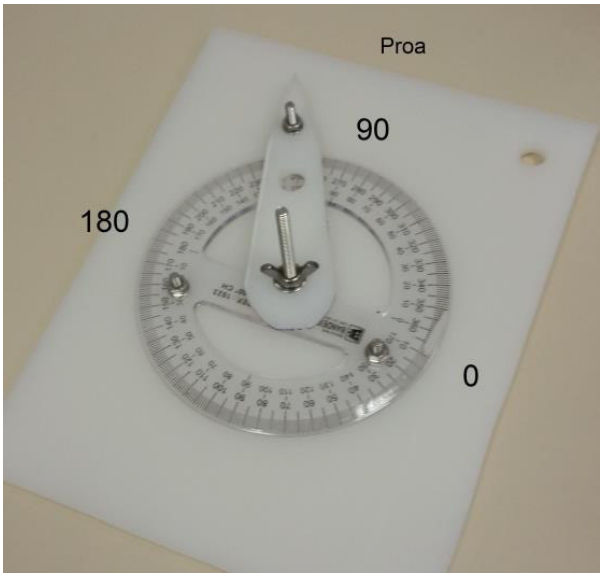


Figura 4: *Alidade para mensuração de ângulos horizontais.*

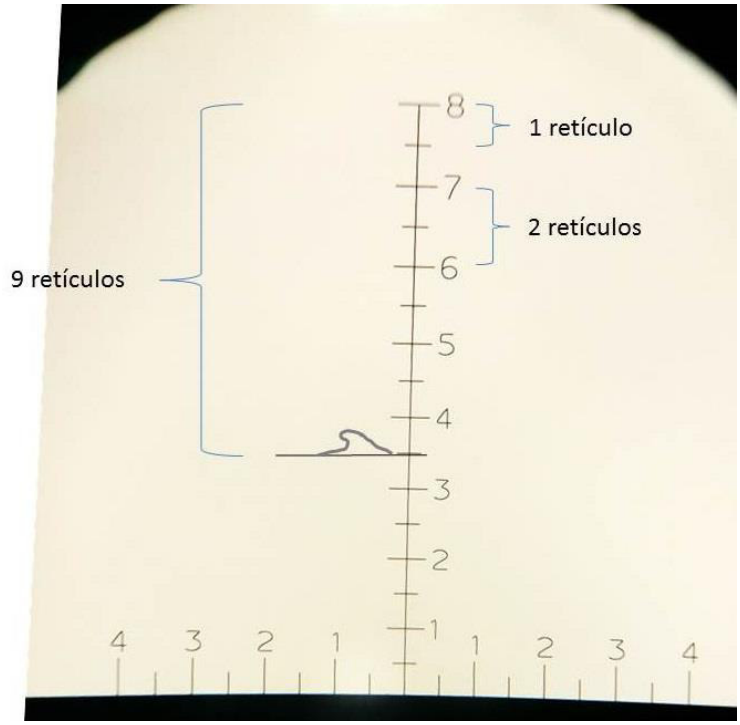


Figura 5: *Reticulo do binóculo para mensuração da distância. No exemplo da figura acima, para mensuração dos retículos, deve-se alinhar o horizonte com o retículo de número "8" e contar quantos traços (retículos) existem até a superfície do mar onde o animal foi observado.* ***Portanto, a escala numérica à direita da escala NÃO corresponde ao número de retículos.***

Os observadores tentarão identificar o grupo ao nível taxonômico mais próximo de espécie de acordo com guias de identificação. Será atribuído um código de qualidade da identificação com base na realização de registro fotográfico de caracteres diagnósticos e no consenso ou não dos observadores sobre a identidade da espécie. **O observador somente deverá atribuir uma classificação taxonômica se tiver certeza da identificação**. Idealmente, a identificação deverá estar acompanhada de uma fotografia que mostre algum caractere diagnóstico da espécie ou táxon em questão.

Em caso de dificuldade de identificação na primeira passagem da embarcação, ou quando se quiserem coletar registros fotográficos ou biópsias do grupo, a embarcação poderá realizar uma manobra denominada de "360". Esta manobra deverá ser realizada em casos de grupos que estejam perto da embarcação (até 1 milha náutica) e consiste no contorno do barco por boreste ou bombordo, retornando em uma linha paralela até cruzar o grupo novamente, e depois retornando para a linha de transecção para retomada da amostragem na linha. A velocidade da embarcação poderá ser reduzida temporariamente para 5 nós durante a realização desta manobra. O anotador deverá registrar quando houver a realização da manobra e a mesma deverá ser muito bem coordenada com a equipe de MAP. A coordenação com o MAP é necessária para permitir que todas as informações importantes, como a distância perpendicular, sejam coletadas pelos operadores de MAP e visando evitar danos ao cabo rebocado.

Sempre que possível, serão realizados registros fotográficos do grupo para auxiliar na confirmação da identificação. Os registros fotográficos devem focar em todas as partes do corpo do animal, incluindo as partes do corpo que permitem identificação individual, como a nadadeira dorsal ou a nadadeira caudal, a depender da espécie. No início de cada dia, poderá ser feita uma "claquete" (folha A4 escrita com pincel atômico) contendo o número da campanha e a data da

amostragem. Entre cada grupo detectado, deverá ser batida uma fotografia de intervalo para facilitar a triagem das fotos de cada grupo.

Outras informações que deverão ser coletadas em cada detecção são: (a) tamanho do grupo; (b) presença de filhotes; (c) pista de detecção; (d) meio de detecção; e (e) observador que detectou. O tamanho do grupo será determinado por comparação entre as contagens dos diferentes observadores e consenso entre os mesmos. A pista de detecção corresponde ao evento que levou à detecção do grupo, como por exemplo: salto, borrifo, batida de cauda, corpo submerso, corpo na superfície, nadadeira dorsal, *splash* (jatos de água produzidos por algum comportamento aéreo), etc. O meio de detecção corresponde à maneira pela qual o observador realizou a detecção, como olho nu, binóculo 7x50 ou binóculo 15x50.

Os observadores também poderão anotar, no campo das observações, outras informações relevantes sobre o comportamento dos animais, como: eventos comportamentais (p. ex., salto, batida de cauda, exposição caudal, *porpoising*, periscópio, exposição de cabeça, exposição caudal parada, *bow-riding*), presença de cardumes de peixes, interações interespecíficas com aves ou outras espécies, interações com atividades antrópicas (embarcações, atividades de pesca), marcas naturais ou antrópicas, etc. **Os observadores deverão sempre anotar se houve ou não movimentos responsivos em relação ao barco de pesquisa (afugentamento ou atração) no campo de observações**.

Além de grupos de cetáceos, serão registradas atividades humanas, como embarcações de diferentes tipos, atividades de pesca (petrecho ou embarcação) e plataformas de petróleo. Os observadores deverão sempre descrever da maneira mais detalhada possível os registros efetuados, como por exemplo, tamanho e características das embarcações. Outros animais marinhos, como raias, tubarões ou tartarugas, também deverão ser registrados. Sempre que os observadores detectarem algum obstáculo na rota do barco (como um petrecho de pesca), os operadores de MAP e o comandante da embarcação deverão ser informados imediatamente.

No momento da detecção, os observadores deverão avisar imediatamente à equipe de MAP sobre a detecção. Quando a espécie for identificada e se obtiverem outras informações sobre a detecção, como tamanho de grupo, bordo do navio, ângulo e número de retículos do binóculo, estas informações também deverão ser repassadas para a equipe de MAP. **Os operadores de MAP não poderão informar aos observadores de bordo sobre qualquer detecção realizada acusticamente.** Observadores em descanso também não devem avisar sobre detecções aos observadores que estão em turno de trabalho na torre. Os observadores de bordo que entrarão no turno de observação na torre devem evitar qualquer contato com os operadores de MAP antes de subir na torre.

3. Procedimentos pós-amostragem

Ao final da amostragem, todos os equipamentos deverão ser limpos com flanela úmida no corpo dos binóculos, câmeras, GPS e rádio VHF. As lentes deverão ser limpas com solução apropriada especial para lentes e pano de algodão limpo.

O **coordenador da campanha deverá enviar os dados necessários via Autotrac até as 20h do mesmo dia para que o Relatório Diário de Ocorrência (RDO) seja elaborado** pela equipe em terra (ver dados em anexo) e enviado para a PETROBRAS.

Os dados do *track* do GPS, coletados durante o dia, serão baixados no computador pelo programa *Trackmacker* ao final da amostragem e salvos no formato ".gtm". Somente as rotas do dia deverão ser salvas, devendo-se editar os dados baixados do GPS visando eliminar os *tracks* de dias anteriores. O nome do arquivo deverá ser a data do dia, por exemplo: "08-07-2016.gtm"

Os dados registrados nas planilhas deverão ser passados diariamente para planilhas eletrônicas padronizadas.

As fotografias também deverão ser baixadas e salvas em uma pasta contendo a data no nome do arquivo (Exemplo: 16-12-15). Caso exista mais de um fotógrafo e diferentes grupos observados, as fotos de diferentes fotógrafos deverão ser salvas em subpastas contendo data, hora, nome do fotógrafo e sigla da espécie identificada (Por exemplo: “16-12-15_0923 [Leo] Mn” ou “19-12-15_1012 [Denis] Tt”). Todas as fotos também devem ser renomeadas conforme o exemplo a seguir: “16-12-15_0923 [Leo] Mn (3).jpg”, “16-12-15_0923 [Leo] Mn (4).jpg”, etc.

As fichas de campo deverão ser conferidas para verificação de erros e/ou informações faltantes. O coordenador deverá realizar anotações na ficha diária sobre condições climáticas, pontos positivos e negativos do trabalho, atividades de SMS, avistagens, paralisações da amostragem (e motivos das paralisações), problemas enfrentados, soluções dos problemas e outras informações que julgar pertinente.

Diariamente deve ser feito backup de todos os dados em um disco rígido.

OBJETIVO
Descrever os procedimentos relativos ao Monitoramento Acústico Passivo em campanhas embarcadas do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS.

Controle de Revisões	
Data	**Descrição**
22/01/2016	Documento Original
05/05/2016	Mudança do Sistema
30/09/2016	Melhor detalhamento do método
11/10/2016	Revisão ortográfica e gramatical
01/03/2017	Refinamento nos procedimentos de registro do esforço amostral
22/05/2017	Uso do RAID e preenchimento de planilhas pós-esforço

1. Introdução

O objetivo da equipe de operadores de MAP na Campanha de Avistagem e MAP do PMC-BS será detectar e registrar o maior número possível de vocalizações de cetáceos utilizando os programas PAMGUARD, ISHMAEL e WHALTRAK2. O esforço será realizado durante todo o período que houver luz do dia, em conjunto com o esforço de observação visual. A equipe de operadores será responsável por localizar (sempre que possível) cada detecção de cetáceo utilizando o melhor de suas habilidades e fazer os registros de acordo com os procedimentos descritos neste protocolo. O desenho amostral segue o padrão de transectos para estimativa de densidade animal, percorrendo linhas que cobrem toda a área de estudo. Os observadores visuais são independentes dos operadores de MAP e não devem ser avisados sobre as detecções acústicas de cetáceos.

O monitoramento é realizado por dois operadores na estação de MAP localizada na ponte de comando (**Figura 1**) e serão responsáveis pelo monitoramento contínuo do áudio captado pelos hidrofones. O monitoramento será feito através de uma combinação de monitoramento aural (através dos fones de ouvido) e visual dos sinais nos espectrogramas do ISHMAEL e detector de cliques do PAMGUARD. A equipe é constituída por três operadores, que se revezam em turnos de 2 horas de trabalho e uma de descanso.

Figura 1: Operadores na estação de MAP localizada na ponte de comando da embarcação *Sea Route.*

2. Uso do RAID e Cópia de Segurança dos Dados

Todos os dados coletados durante as campanhas de MAP são gravados nos computadores da estação de MAP e ao final do dia salvos em que HDs que ficam no RAID ("Redundant Array of Independent Drives" ou "Conjunto Redundante de Discos Independentes"). O RAID que utilizamos no PMC- BS possui gavetas para 2 HDs e é configurado para que os dados sejam copiados de forma espelhada em ambos os HDs externos (opção RAID 1).

O s HDs utilizados são do tipo SATA 3.5'' com capacidade de armazenamento de 2 TB. Quando os HDs ficam cheios devem ser retirados da gaveta do RAID e substituídos por HDs em branco que se encontram a bordo. Os HDs cheios são uma cópia um do outro (HDs espelhados) e devem ser cuidadosamente armazenados no navio e transportados para a sede da Socioambiental ao fim de cada campanha. Tipicamente, os HDs ficam cheios por volta da metade da campanha (após cerca de 20 dias de trabalho de campo).

Formatação dos HDs

Antes de utilizar os HDs no modo RAID deve-se primeiramente formatar os HDs. Para isso, o RAID deve ser colocado no modo individual , indicado como "IND" na configuração dos jumpers atrás do RAID, que é a função na qual cada gaveta do HD é independente. Ligue o RAID com os HDs a serem formatados na função "IND". Clique com o botão direito no ícone "Meu Computador " e vá em "Gerenciar" , depois clique em "Gerenciamento de Disco". Na janela que abrir vai ser mostrado todos os

discos disponíveis, tanto do computador como dos HDs. Os HDs novos irão ser reconhecidos como "não alocado", clique com o botão direto no HD e escolha a opção "alocar disco" . Durante o processo você pode nomear o disco. Nomeie da seguinte maneira: PMC_BS_(no da Campanha)_HD_(numero do HD)_(letra a - principal e letra b espelhado).

Exemplo: **PMC_BS_4_HD_II (a)**

Neste exemplo está indicado que é o HD II campanha 4 e a letra (a) indica que é o disco principal. Uma vez alocado o disco, clique novamente com o botão direito e escolha a opção "formatar " e aguarde enquanto o disco é formatado. Faça este procedimentos para os dois discos que serão espelhados.

Espelhamento dos HDs

Após concluída a formatação você deve ejetar os discos, desligar o RAID e configurar os jumpers atrás do RAID para o modo RAID 01. Este modo permite usar 2 HDs, sendo que o segundo armazenará uma imagem idêntica do primeiro. Na prática, será como se você tivesse apenas um disco rígido instalado, mas caso o disco titular falhe por qualquer motivo você terá uma cópia de segurança armazenada no segundo disco.

Portanto, ao colocar no modo RAID, confira na opção " gerenciamento de disco" que os HDs do RAID irão aparecer apenas como um único disco. O que for salvo em um disco irá automaticamente ser copiado no outro. Faça um teste e grave algum arquivo no HD e confira se foi salvo.

Resumindo: use o modo "IND" para formatar cada um dos HDs individualmente. Após , desligue o RAID e configure os *jumpers* localizados atrás do RAID para o modo "RAID 01". Verifique se os discos foram reconhecidos como um único disco. Caso sim, salve algum arquivo para certificar-se que os dados foram salvos e que o HD esteja funcionando normalmente. Ao longo da campanha, certifica-se de que o HD está salvando os dados e o disco está enchendo.

Atenção! Certificar-se de ter seguido todos os passos para formatação e espelhamento no RAID seguindo as instruções descritas antes de começar a fazer a cópia dos dados do computador para RAID, inclusive os testes para certificar-se que os arquivos estão sendo salvos com sucesso.

Este procedimento deve ser feito sempre antes do início da campanha e quando for necessário trocar os HDs que ficaram cheios por HDs novos em branco, o que geralmente ocorre por volta da metade da campanha. No caso da formatação dos HDs, recomenda-se que todos os quatros HDs a serem utilizados na campanha sejam formatados e testados antes de iniciar a campanha.

Atenção! Nunca mude a chave dos *jumpers* do RAID para as opções que não aquelas instruídas neste protocolo. Isto pode fazer com que os discos sejam desalocados , podendo acarretar na perda dos dados.

3. Lançamento do Cabo

A tripulação está treinada para o lançamento do arranjo de hidrofones e cabo de MAP utilizando o guincho hidráulico no convés. Entretanto, pelo menos um operador de MAP deve auxiliar a tripulação durante esta operação.

EPI obrigatório: colete salva-vidas, capacete, cinta com mosquetão, calçados fechados e rádio para comunicação com a ponte.

Procedimento

Avisar a ponte de comando pelo rádio que a equipe no convés está pronta para lançar o cabo. O comandante deve diminuir a velocidade do navio para cerca de três nós. No início o cabo deve ser solto do guincho vagarosamente e o arranjo de hidrofones e lastros devem ser conduzidos com as mãos até a popa da embarcação, passando por dentro dos roletes até que alcance a água (**Figura 2**). O operador do guincho pode então soltar o cabo a uma velocidade maior. Ao chegar à altura do nó com as alças (*chinese finger*), o lançamento do cabo deve ser interrompido para que as três cordas com os mosquetões sejam anexadas nas alças (**Figura 2**). Depois o procedimento de lançamento pode ser retomado até que o *chinese finger* fique suspenso na popa do navio. O operador do guincho deve então acionar o freio e a trava do guincho. O operador de MAP deve avisar a ponte de comando que o lançamento foi concluído. O cabo está sendo lançado a cerca de 400m da popa. O arranjo de hidrofones fica a uma profundidade de cerca de 25m-30m e o lastro utilizado no cabo possui cerca de 4 kg (20 chumbadas de 200g presas no final do cabo).
Quando a operação é feita em águas rasas (< 40m) deve-se lançar apenas 150m de extensão cabo, fazendo o mesmo procedimento (anexar as três cordas com mosquetões no *chinese finger* localizado na extensão de 150m). A profundidade do arranjo de hidrofones com 150m de extensão do cabo é de cerca de 10m-15m. Após o lançamento, a terminação do cabo é desenrolada da lateral do guincho e conectada no cabo de convés. Para conectar as partes é preciso observar os pinos e furos do encaixe macho-fêmea. Após conectá-los é necessário rosquear as partes. Cuidado para não forçar a rosca e danificá-la. O cabo de convés corre por um tubo até o convés superior e passa por um orifício que dá acesso a estação de MAP na ponte de comando. O cabo de convés é conectado com a medusa, que divide o sinal para os 4 canais no Sistema de Processamento Acústico (SPA).

Figura 2: Cabo do MAP sendo lançado na água (esquerda) e detalhe mostrando as cordas com os mosquetões presos no *chinese finger* (direita). Note que o cabo passa pelo rolete na popa da embarcação antes de ser lançado no mar.

4. Início do Dia - Estação de MAP

Iniciar todo o procedimento do MAP pelo menos quinze minutos antes da mobilização da equipe visual. A estação de MAP está localizada na ponte de comando (**Figura 3**).
A energização do sistema é feita através das tomadas da energia elétrica da embarcação. Durante a instalação foram feitas as ligações elétricas. Para garantir a correta funcionalidade, todos os equipamentos deverão permanecer nas mesmas tomadas. Tanto o transformador quanto o *no-break* deverão ficar permanentemente energizados, lembrando que estes equipamentos são de uso exclusivo do MAP e não deverão ser usados para carregar rádios, notebooks, celulares, etc. Para ligar o sistema de processamento acústico (SPA), seguir o passo-a-passo de acordo com a ordem abaixo:

- Ligue os dois computadores (senha PMC@2016)
- Ligue os dois monitores
- Insira a bateria de 9V do sensor de profundidade no compartimento.
- Ligue os equipamentos, conferindo que ascenda o led vermelho tanto no painel frontal tanto do rack do condicionador Ecowaves como do rack dos dispositivos USB (led da bateria do sensor de profundidade). Quando a bateria do sensor de profundidade estiver descarregada, o led no mudará de vermelho para laranja. Nesse caso, desligue o equipamento para efetuar a troca da bateria.
- Abra os programas ISHMAEL/WHALTRAK2 e PAMGUARD nos respectivos computadores
- Após o lançamento do cabo de hidrofones, plugue a bateria 12 V da medusa para ligá-lo (cabo de energia proveniente da medusa). São duas baterias 12V, conecte no recarregador da bateria a que não estiver em uso, fazendo o revezamento das baterias.ATENÇÃO: a energização do arranjo de hidrofones dever ser sempre o ultimo passo ao ligar todo o equipamento.
- Verifique se as configurações do ISHMAEL/WHALTRAK2 e PAMGUARD estão corretas. Periodicamente, abra os arquivos das gravações no editor de áudio *audacity* e confira que o som tenha sido gravado.
- Inicie a gravação no ISHMAEL e PAMGUARD. Quando o PAMGUARD estiver gravando, um led verde no conector USB no painel frontal acenderá, indicando que a placa NIDAQ está em funcionamento.
- Ligue o GPS portátil da estação de MAP para fazer o registro de milhas náuticas percorridas do esforço de MAP.

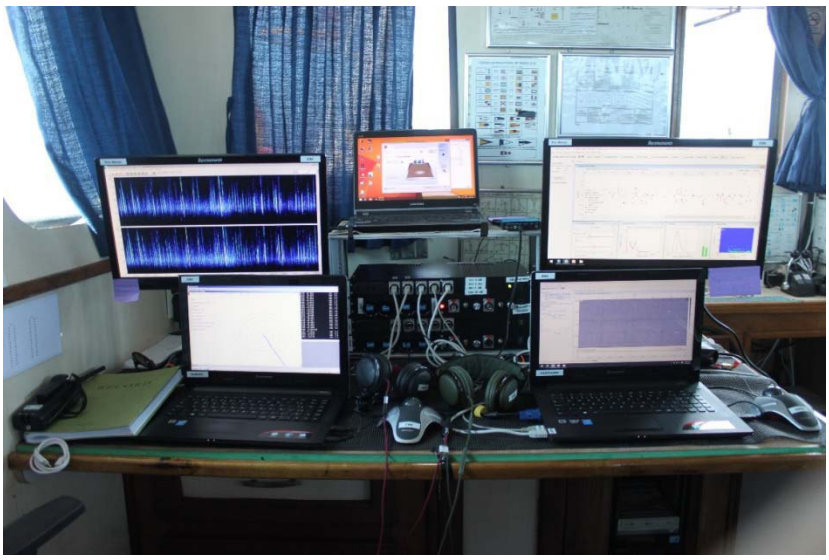


Figura 3: Estação de MAP na ponte de comando

Configurações dos softwares

As configurações do PAMGUARD (PG) e ISHMAEL (ISH) já estão definidas e os arquivos de configuração todos possuem uma nomeação padrão, de acordo como descrito adiante neste protocolo. As configurações que devem ser alteradas pelo operador de MAP estão descritas abaixo.

Configuração do arranjo de hidrofones

Extensão do cabo de reboque lançado na água e troca de do arranjo de hidrofones:

São dois arranjo de hidrofones utilizados no projeto, denominados de arranjo "Bahia" e arranjo "Turquoise". O arranjo é conectado no cabo de reboque, sendo lançado 400m mas deve ser recolhido para 150m sempre que a embarcação atingir as profundidade entre 40 metros a 20 metros (menos de 20 metros o cabo é recolhido). Quando a extensão do cabo é alterada (150m ou 400m) ou é feita a troca do arranjo de hidrofones, as configurações do PAMGUARD e ISHMAEL devem ser ajustadas.

No PAMGUARD:

Vá em: *Settings→Hydrophone Array (***Figura 4***)*

Em *Hydrophone Streamers* de um clique duplo no valor y. Na janela que abrir altere o valor de y (-150 ou -400, conforme a extensão de cabo utilizada).

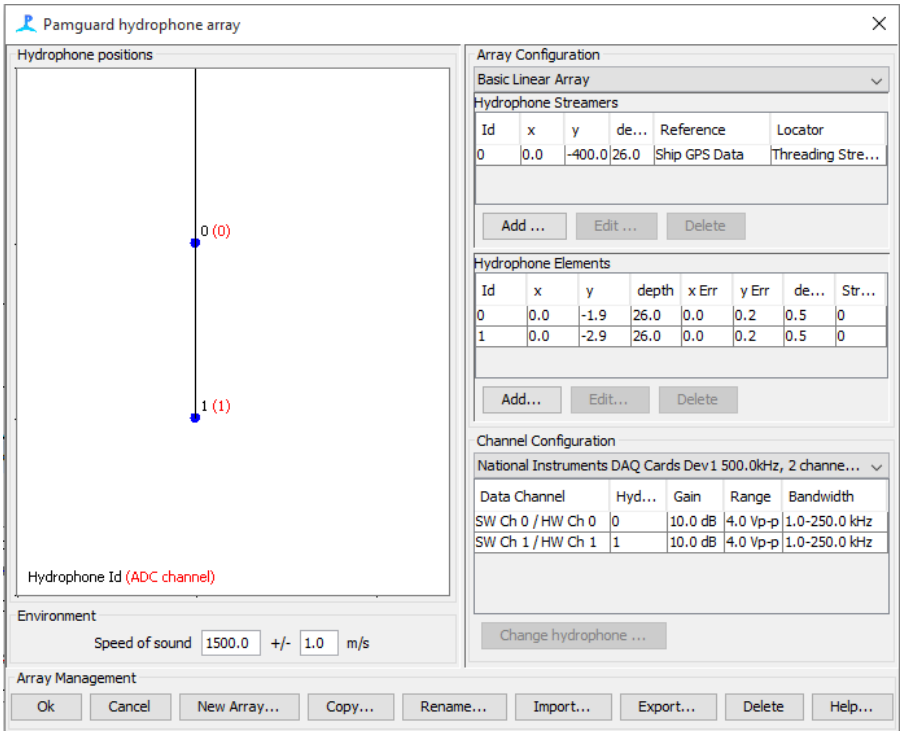


Figura 4. Janela de configuração do "*Hydrophone Streamers*" do PAMGUARD. Neste exemplo, a extensão de cabo é de 400m e a profundidade 26m

Quando alterar as configurações em *Hydrophone array* você deve salvar uma nova configuração do PAMGUARD:

Vá em: *File* → *Save Configuration as*

Salve a configuração com o mesmo nome que estava anteriormente, alterando apenas a extensão de cabo que foi alterada:

Ex: PMC-BS_2_RESON_HP2_HP3_500kHz_**150m**_20161014

Neste caso a extensão de cabo foi alterada para 150m (em negrito no exemplo acima).

Caso haja a necessidade de troca do arranjo de você pode alterar manualmente as configurações de distância dos hidrofones ou carregar uma configuração do PAMGUARD com as configurações já salvas. (nome do arquivo de configuração do PG indicando "Bahia"ou "Turquoise" e a extensão do cabo (150m ou 400m).

Vá em: *Settings* → *Hydrophone Array* **e verifique se o as configurações de distância entre os hidrofones foi alterada, caso não, altere manualmente.** Os valores das distâncias entre os hidrofones dos diferentes arranjos estão na pasta laranja na ponte de comando.

Ex: **Bahia**_Array_RESON_HP2_HP3_**400m**.paf

Neste exemplo o arranjo de hidrofones " Bahia" está sendo utilizado com 400m de cabo lançado.

No ISHAMEL:

Quando abrir o ISHMAEL e o arquivo de configuração do dia anterior será automaticamente carregado (setting file - .ipf).

Verifique em *localize* → *loc options* (**Figura 5**) se você está utilizando o arquivo de *array* correto.
Ex: **Turquoise**_Array_**400m**_APC_H1_H4.arr

O arquivo do exemplo acima indica que o arranjo Turquoise com 400m de cabo (em negrito) está em uso. O ISHAMEL. Caso necessite alterar, utilize o botão *Browse* e selecione o arquivo do *array* de acordo (extensão do cabo e nome do arranjo utilizado). Não é necessário salvar uma nova configuração do ISHAMEL se apenas a extensão de cabo lançado for alterada.

Caso o array for trocado, você deverá salvar uma nova configuração alterando o nome do arquivo de configuração para que corresponda ao arranjo utilizado.

Ex: ISHMAEL_**Bahia**_Array_APC_H1_H4_192kHz_**20161015**.ipf

Este arquivo de configuração do exemplo indica que o arranjo de hidrofones Bahia foi utilizado no dia 15/10/2016 (em negrito).

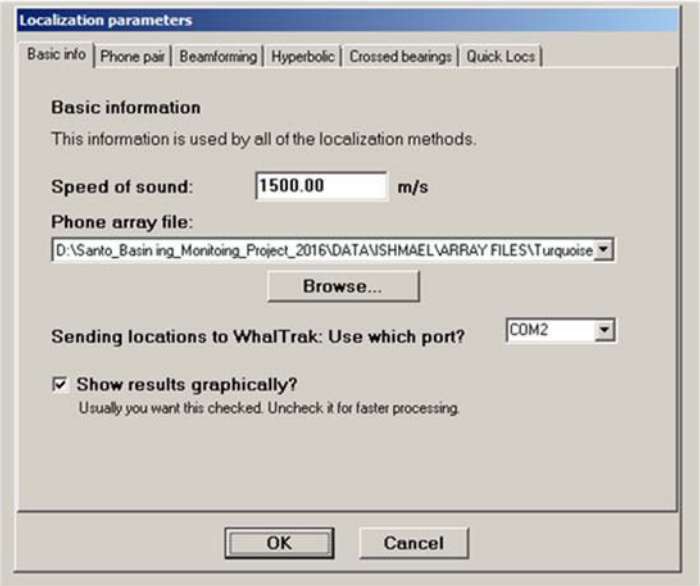


Figura 5. Janela de configuração "loc options" do ISHMAEL.

WHALTRAK2

O WHALTRAK@ é o programa de mapa e coleta de dados do GPS que funciona integrado ao ISHAMEL (diferente do PG que tem o seu próprio módulo de mapa e GPS). Note que na Área de Trabalho do computador do ISHMAEL existem dois ícones para abrir o programa:

WHALTRACK2.6.EXE – 400m
WHALTRACK2.6.EXE – 150m

Clique no ícone para abrir o WHALTRAK2 de acordo com a extensão de cabo (150m ou 400m) que está sendo utilizada.

5. Protocolo para Monitoramento

Preencha as planilhas eletrônicas do PAMGUARD. Estas planilhas estão na aba "**Logger Forms**".

Ao iniciar o monitoramento, você deve preencher a planilha "**Esforço**". Anote a data e horário de início do monitoramento. Ao teclar F1,o PAMGUARD automaticamente registra a data e o horário (UTC). Registre o nome dos operadores de MAP que estão no turno do monitoramento e o restante das informações contidas na planilha. Use o rádio para confirmar com os observadores na torre o estado do mar. No espaço para comentários escreva "Início do Monitoramento".

Você deve preencher a planilha de esforço sempre que houver o esforço for iniciado, interrompido ou finalizado (tanto do MAP como visual), também registre as mudanças de turno entre os operadores do MAP, o estado do mar e as trocas de linha. Sempre assinale a data e horário e faça comentários no espaço reservado para tal (ex: final da linha, final do dia, visual fora do esforço devido a condições climáticas, etc).

Obs: O PG faz todos registros em horário UTC, que está 3 horas à frente do horário brasileiro (ou 2 horas durante o período de horário de verão).

Outras planilhas:

SPA - altere se houver alterações na configuração do SPA (Sistema de Processamento Acústico), caso contrário a configuração padrão já deverá estar salva. Caso alterar o ganho do sistema, tanto do par de hidrofones APCs (ISHAMEL) ou Resons (PAMGUARD) o novo valor dos ganhos deve ser registrado na planilha juntamente com a data e horário da alteração (pressione F1 para o *time stamp*, que salva automaticamente o horário e data).

Obs: O ganho do SPA pode ser regulado de acordo com a necessidade (aumentado ou diminuído). O ganho mínimo do par de hidrofones RESON deve ser 16 dB e para os APCs e 20 dB. Evite aumentar muito, a ponto de distorcer os sinais (principalmente os cliques dos odontocetos quando estão muito próximo dos hidrofones). Em contra-partida se o sinal estiver fraco você pode aumentar o ganho. No programa AUDACITY você pode verificar se os sinais sofreram clipagem ou não (verifique os cliques na gravação do PG e assovios na gravação do ISH). Abra o arquivo de áudio e em "Exibir" clique em "Exibir Corte de Picos". Sinais clipados aparecerão em vermelho. Caso o sinal esteja fraco e longe de ser clipado significa que o ganho está baixo e deve ser aumentado para aproveitar toda a faixa dinâmica do sistema e melhorar a qualidade do sinal. A clipagem de cliques deve ser evitada principalmente na gravação do PG, no ISH é importante que os assovios e cliques de cachalote não sofram clipagem.

Arranjo de Hidrofones- nesta planilha indique qual é o arranjo de hidrofones que está sendo utilizado (Bahia ou Turquoise). Caso o array seja trocado, faça um novo registro incluindo a data e hora da alteração.

Detecção - preencha sempre que houver detecções acústicas de cetáceos (instruções mais adiante).

Fichas de Campo

No início do esforço uma ficha de campo denominada "**Ficha de Esforço Diário do MAP**" impressa deve ser preenchida. As fichas ficam em uma pasta na ponte de comando e deve ser preenchida diariamente para registrar a data, horário e coordenadas geográficas do início e fim do esforço diário, número total de detecções e o total de milhas náuticas percorridas (registradas a partir de um GPS portátil). Nesta ficha, também deve ser indicado se houve interrupções do esforço (que tenham durado 30 minutos ou mais) e o número de interrupções durante o dia. Caso haja interrupções deve ser registrado na "Ficha de Interrupção do MAP" a data, horário e coordenadas geográficas do início e fim da interrupção e o motivo.

Planilhas Eletrônicas do Esforço de MAP

Além das fichas impressas de "Esforço Diário do MAP" e "Interrupção do MAP", estas informações devem ser preenchidas em uma planilha eletrônica do Excel. Esta planilha, denominada "Planilha de Esforço do MAP" possui três abas:

Esforço_ Transectos:
Deve ser preenchido o número do transecto do MAP, e seu respectivo horário e posição inicial e final, total de horas , número de detecções e qualquer observação que for importante.

Importante: **O número do transecto MAP é independente do número do transecto da equipe de observadores. Um novo transecto é considerado sempre que seja efetuada a troca de linha mas também sempre que haja paralisações no monitoramento de no mínimo 30 min. Quando isto ocorrer um novo transecto deve ser considerado preenchendo uma nova linha na planilha com os horários e coordenadas de início e fim.**

Interrupções: deve ser preenchida sempre que houver interrupções no monitoramento, mesmo que por período mais curtos que 30 minutos. Nesta planilha, por exemplo, você deve registrar os horários de interrupções para troca do comprimento de cabo do MAP (estas trocas duram cercam de 15 - 20 min), interrupções devido a profundidade e as trocas de linha. Preencher o horário e as coordenadas inicial e final da interrupção e o total de horas e minutos. Também especificar o motivo da interrupção. O motivo pode ser por ocorrer devido a manobras "360", problemas técnicos, condições ambientais adversas, entre outros, mas sempre deve ser justificado.

Esforço_Diário: Nesta planilha deve ser contabilizado o esforço diário do MAP. Preencha o número da linha (de acordo com o mapa), a hora e posição do início e final do dia, total de detecções acústicas do dia e indique se houve interrupção (número de interrupções), preencha o total de horas de interrupção e o total de horas do esforço diário. Por fim verifique o total de milhas náuticas percorridas no odômetro do GPS portátil e preencha na planilha.

Lembre-se: caso tenha havido interrupções, as informações devem ser preenchidas na aba "Interrupções" e o total de horas de interrupções do dia subtraído do total de horas do esforço diário. Faça os cálculos na planilha eletrônica e depois preencha na "Ficha de Esforço Diário do MAP" impressa.

Por fim, você deve verificar o número total de arquivos de áudio gerados e o tamanho total em GB das gravações do ISHMAEL e PAMGUARD e número total e tamanho dos arquivos somando as gravações em ambos os programas. Preencha estes valores da planilha nas células indicadas.

Planilha de Esforço e Detecção da Base de do MS Access

Todas as informações preenchidas nas planilhas eletrônicas do PAMGUARD ("*Logger forms*") são salvas no bando de dados do MS Access utilizado no dia. No final do dia, você deverá abrir a planilha do Access e exportar para o Excel tanto a planilha "Effort" como "Detection". Ao exportar para o excel, salve o arquivo colocando no nome a data (ex: Effort_161021, Detection_161021). Estes arquivos devem ser salvos diariamente respectivamente nas pastas "EFFORT " e "DETECTION", dentro da pasta "BASE DE DADOS" do PAMGUARD. Depois crie uma nova planilha e copie e cole as informações de todos dos dias, de maneira acumulativa nesta planilha denominada "Effort_total" e "Detection_Total".

Detecções Acústicas de Cetáceos

A ficha de campo denominada “Ficha de Detecção MAP” deve ser preenchida sempre que houver detecções acústicas de cetáceos, conforme explicado adiante.

Procedimentos durante a detecção:

Durante os encontros acústicos com cetáceos , faça a localização para estimativa de distâncias dos sinais detectados, utilizando o PAMGUARD e/ou o ISHMAEL/WHALTRAK2.

No PAMGUARD:

Observe o tipo de clique que está sendo mostrado na tela do detector de cliques do PAMGUARD (**Figura 6**). Ao clicar nos cliques do PG, você pode obter informações como o ângulo (*bearing)* e o tipo de clique de acordo com a classificação configurada (veja os símbolos no lado esquerdo inferior do mostrador tempo x ângulo). Observe a forma da onda, a frequência de pico e o *winger plot* para certificar-se que trata-se de um sinal biológico e não um falso positivo. Plote apenas os ângulos das sequências de cliques as quais você julga serem de cetáceos.

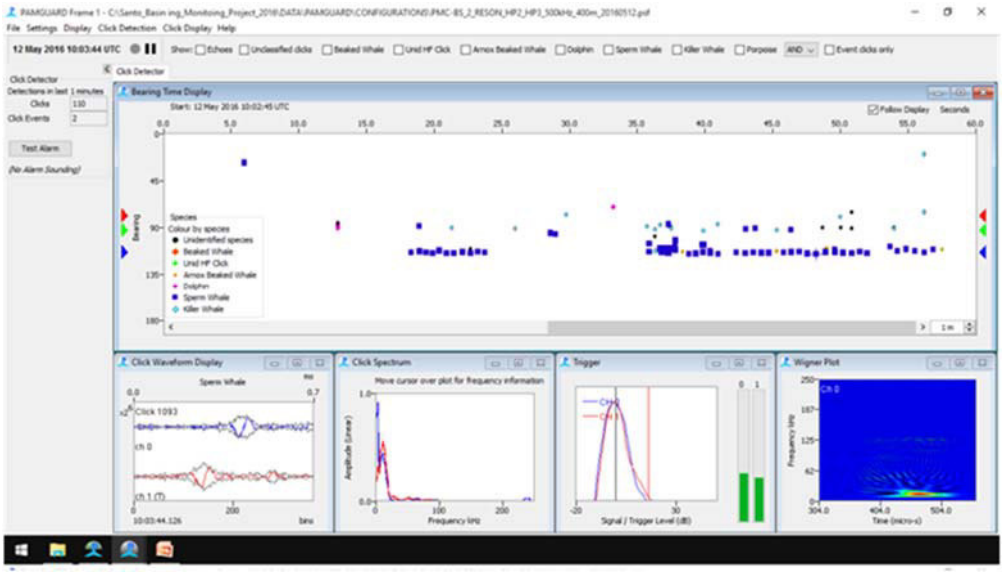


Figura 6: Tela do detector de cliques do PAMGUARD.

No ISHMAEL/WHALTRAK2:

Selecione o sinal detectado no espectrograma do ISHMAEL, de preferência na área que tenha maior modulação de frequência (no caso dos assovios) e onde o ruído não esteja muito forte. Depois de selecionar o sinal, clique no botão *phone pair bearing* do ISHMAEL para executar o cálculo da correlação cruzada do sinal. Note que aparecem duas janelas: uma como uma curva de correlação cruzada e outra indicando o ângulo calculado. Uma boa correlação é geralmente indicada por um pico na curva de correlação. Caso julgar que o ângulo calculado é confiável você pode enviar o ângulo para o WHALTRAK2. Se o sinal for muito fraco, o seu ângulo provavelmente será inconsistente, fique atento com relação a estes ângulos pouco confiáveis, que devem ser ignorados, e tente calcular novos ângulos, conforme novos sinais surgirem. Ângulos muito fechados (15^o-20^o) geralmente não convergem, ademais pode indicar que você está localizando o ruído da embarcação. Já nos ângulos próximos de 90^o o ruído pode ser proveniente da vibração comum aos 4 hidrofones.
Os ângulos podem ser plotados para o WHALTRAK2 através do botão "Send *the most recent bearing to WhalTrak*" ou manualmente. Para fazer manualmente, vá em "*INPUT BEARING*" no WHALTRAK2 e aparecerá uma janela na parte inferior da tela. Digite o valor do ângulo que foi calculado pelo ISHMAEL e em seguida clique "*ENTER*" no teclado e você irá notar que o ângulo será plotado. Evite enviar

manualmente os ângulos (apenas se tiver algum problema de comunicação entre os dois programas) e sempre confira que o ângulo calculado no ISHAMEL foi o ângulo plotado no WHALTRAK2. Nao deixa a teal de "*INPUT BEARING* " aberta , caso contrario o WHALETRAK2 não salva os dados do GPS.

Conforme você for enviando os ângulos no WHALTRAK2, verifique onde está a área de convergência e faça a localização através do WHALTRAK2.

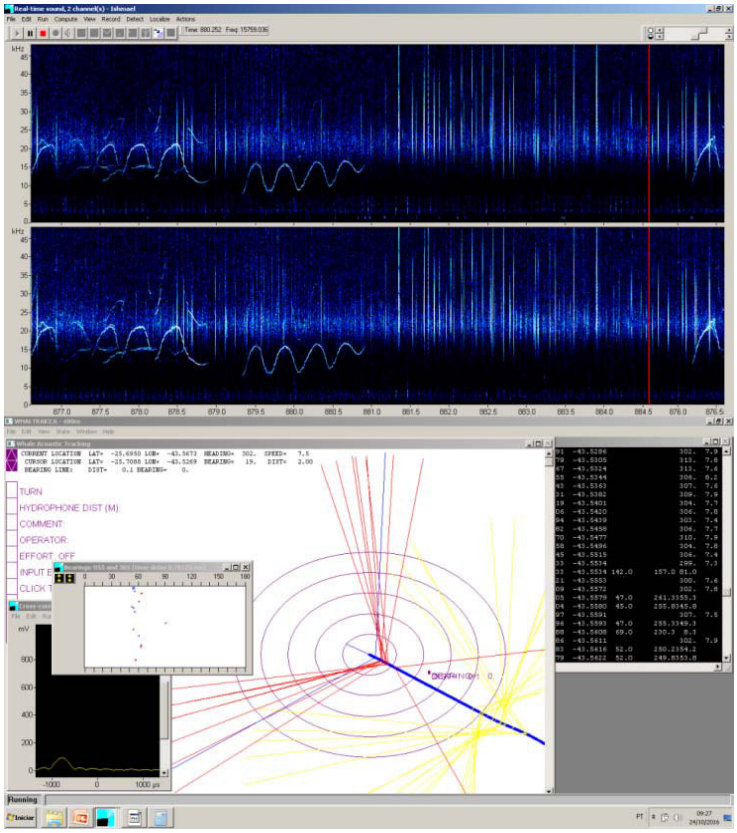


Figura 7: Tela do ISHMAEL (acima) e WHALTRAK2 (abaixo).

Informações básicas das detecções acústicas

Durante as detecções acústicas as informações descritas abaixo devem ser registradas:

Número da detecção: anote o número da detecção de acordo com a ordem cronológica que ocorrem: (A1, A2, A3...), caso também tenha sido feito o registro visual, anote também o número da detecção visual (V1, V2, V3...). Mesmo que faça uma detecção fora do esforço, registre o número da detecção seguindo a ordem cronológica.

Grupo Taxonômico (espécie): caso os observadores visuais confirmaram a espécie, faça o registro de acordo com as informações passadas pelos observadores. Caso seja uma detecção somente acústica, classifique pelo grupo taxonômico mais próximo possível, de acordo com o tipo de sinal detectado.
Horário da detecção: informar o horário e a posição geográfica que o primeiro sinal foi detectado, mesmo que não tenha sido possível plotar um ângulo.

Obs: A posição geográfica pode ser recuperada posteriormente, de acordo com o horário registrado. As coordenadas geográficas do 1º ângulo plotado podem ser obtidas na base de dados do WHALTRAK2 (tela preta ou arquivo.txt). Também, na base de dados do PAMGUARD (MS Access) na tabela" GPS" a posição é registrada a cada 2 segundos.

1º ângulo: informar a direção em graus do primeiro ângulo plotado. Registre também o horário e as coordenadas geográficas em que o primeiro ângulo foi plotado.

1a distância: a distância pode ser estimada quando houver convergência dos ângulos plotados. A 1ª distância é medida entre a linha do transecto, de onde parte o primeiro ângulo, até a área de convergência (que corresponde a localização estimada do indivíduo ou grupo detectado). No PAMGUARD a distância é registrada em metros.

Distância perpendicular (*beam distance*): É a distância perpendicular entre a área de convergência e a linha do transecto do navio (linha de 90 graus). Registre o horário em que o indivíduo ou grupo cruzou os 90° (*beam time*) assim como as coordenadas geográficas para este horário (*beam lat/long*).

Horário final da detecção: Anote o horário na qual as vocalizações cessaram e não puderam mais ser ouvidas ou visualizadas no espectrograma ou detector de cliques.

Comentários: Faça comentários sobre a detecção no caderno de anotações, ficha de detecção e na planilha eletrônica do PAMGUARD.

Qualidade da Localização: ver adiante

Quando a localizaçãonão pode ser feita, preencha as informações que não puderam ser obtidas com o número 999 (não deixar em branco).

Localização - Cálculo das distâncias

As distâncias podem ser estimadas pelo mapa do PAMGUARD ou pelo WHALTRAK2. Os ângulos estimados através de hidrofones lineares sempre vão apresentar ambiguidade em relação ao lado da embarcação. Portanto, a distância deve ser medida nos dois lados onde houve convergência de ângulos. A distância reportada deve corresponder à média entre ambos os lados. Nos casos em que as detecções acústicas tiverem confirmação visual dos observadores, você pode confirmar qual lado da embarcação os animais foram avistados, e reportar a distância estimada apenas do lado em que os animais foram vistos.

Caso você tenha feito a localização tanto no PAMGUARD como no ISHMAEL/WHALTRAK2, compare e verifique se os ângulos e as distâncias estimadas.

Atenção! O PAMGUARD registra a distância no mapa em metros. O WHALETRAK2 registra a distância em milhas náuticas.

Os registros das detecções devem ser feitos tanto no caderno de anotações (ver adiante) como na planilha eletrônica do PAMGUARD (*Detecção*). Preencha todos os campos da planilha de detecção do PAMGUARD e faça comentários.
Em uma detecção ideal, assume-se que os animais estejam estacionários ou pelo menos que o navio se desloca a uma velocidade maior que os animais. Você irá detectar os animais quando eles estiverem na região da proa da embarcação (ângulos menores que 90°, que são os ângulos à frente da embarcação) e,

conforme o navio se desloca, os ângulos plotados irão aumentar até cruzarem a linha perpendicular do arranjo de hidrofones (90°). Quando isto acontecer, anote o horário e o ângulo em que foi possível verificar que os animais cruzaram a linha perpendicular (*cross the beam*- ou seja, cruzaram o ângulo de 90°). Após cruzarem os 90° os animais já estarão atrás do arranjo de hidrofones. Os ângulos plotados a partir de então serão maiores que 90° (os ângulos apontarão para trás).

Contagem das detecções:

Quando é possível fazer a localização de sinais, você saberá quando um sinal pertence ou não a mesma detecção ao acompanhar a movimentação dos grupos, sub-grupos ou até indivíduos no caso das cachalotes. Por exemplo, assovios de animais que foram plotados os últimos ângulos para trás e, após um período de silêncio, é detectado novamente e verificado que os ângulos continuam para trás dos hidrofones, indica que é provável que seja o mesmo grupo e nestes caso assume-se que estão dentro de uma mesma detecção. Passados mais de 15 minutos e novos sinais forem detectados apontando para frente ou não puderem ser localizados, será então aberta uma nova detecção. No caso de detecções de cachalotes, o intervalo será de 20 minutos.

Quando houver observação visual da detecção acústica:

A equipe de observadores visuais deve avisar os operadores de MAP sobre as avistagens de cetáceos. Mantenha contato via rádio com os observadores, e peça informações como o lado da embarcação no qual o grupo ou indivíduo se encontra, direção de deslocamento, tamanho de grupo, comportamento e a espécie.

Atenção! Os operadores de MAP não devem informar os observadores sobre as detecções acústicas.

Atenção! O uso do rádio pode causar interferência nos equipamentos de MAP. Ao se comunicar no rádio, nunca aponte a antena para o equipamento. **Use o rádio sempre com a antena apontada para trás do equipamento.**

Qualidade da Localização (QLoc)

A localização acústica depende de fatores como a quantidade e intensidade dos sinais recebidos. Detecções com poucas vocalizações e/ou com sinais muito fracos geralmente resultam em localizações de baixa qualidade, ou por vezes nem mesmo é possível fazer a localização.

Por isso são atribuídos diferentes graus de qualidade das localizações. Como regra geral, uma classificação da qualidade das localizações está descrita abaixo:

Q1 - pelo menos 5 ângulos para frente e 5 ângulos para trás, e ângulos que apresentaram uma boa convergência (dentro de uma área pequena) em ambos os lados. A diferença entre os ângulos deve ser de pelo menos 30°.

Q2 - pelos menos 5 ângulos para frente e 4 ângulos para trás e uma convergência dos ângulos mais esparsa em ambos os lados. A diferença entre os ângulos deve ser de pelo menos 30°.

Q3 - pelo menos 3 ângulos para frente e 1 ou 2 ângulos para trás OU nenhum ângulo para frente e pelo menos 5 ângulos para trás OU pelo menos 5 ângulos para frente e nenhum ângulo para trás. Qualquer

um dos critérios acima da Q3 deve configurar uma boa convergência dos ângulos em pelo menos um dos lados. A diferença entre os ângulos deve ser de pelo menos 30°.

Q4 - pelo menos 3 ângulos para frente e 1 ou 2 ângulos para trás OU nenhum ângulo para frente e pelo menos 5 ângulos para trás OU pelo menos 5 ângulos para frente e nenhum ângulo para trás.
Qualquer um dos critérios acima da Q4 configura uma convergência dos ângulos mais esparsa em pelo menos um dos lados. A diferença entre os ângulos deve ser de pelo menos 30°.

Q5 - pelo menos de 3 a 6 ângulos que convergiram. Os ângulos devem estar entre 70° - 110°. A diferença entre os ângulos pode ser menor que 30°.

Detecções de múltiplos animais

Especialmente no caso dos cachalotes é possível localizar os animais individualmente (**Figura 8**). As sequências de cliques que aparecerem em ângulos diferentes no detector de cliques do PAMGUARD, podem ser atribuídas a indivíduos diferentes. Por vezes, no caso de golfinhos, sub-grupos diferentes podem ser detectados (**Figura 9**).

Conforme cliques provenientes de diferentes indivíduos aparecerem no detector de cliques do PAMGUARD (diferentes ângulos do mostrador tempo x ângulo), clique com o botão direito do mouse e atribua uma cor para cada sequência de cliques dos diferentes indivíduos (ou sub-grupos) . Observe que no canto direito do seu painel tempo x ângulo haverá uma seta da cor atribuída ao indivíduo indicando o último ângulo que foi plotado para aquele indivíduo. Anote a cor do animal ou sub-grupo, não se esqueça de anotar o primeiro ângulo e horário para cada indivíduo ou sub-grupo que for detectado. Faça o mesmo procedimento discutido anteriormente para fazer a localização, mas desta vez você deverá monitorar e localizar múltiplos animais ou subgrupos simultaneamente. No caderno de anotações, anote a cor do animal ou subgrupo e os respectivos registros como primeiro ângulo, primeira distância, horário e distância perpendicular.

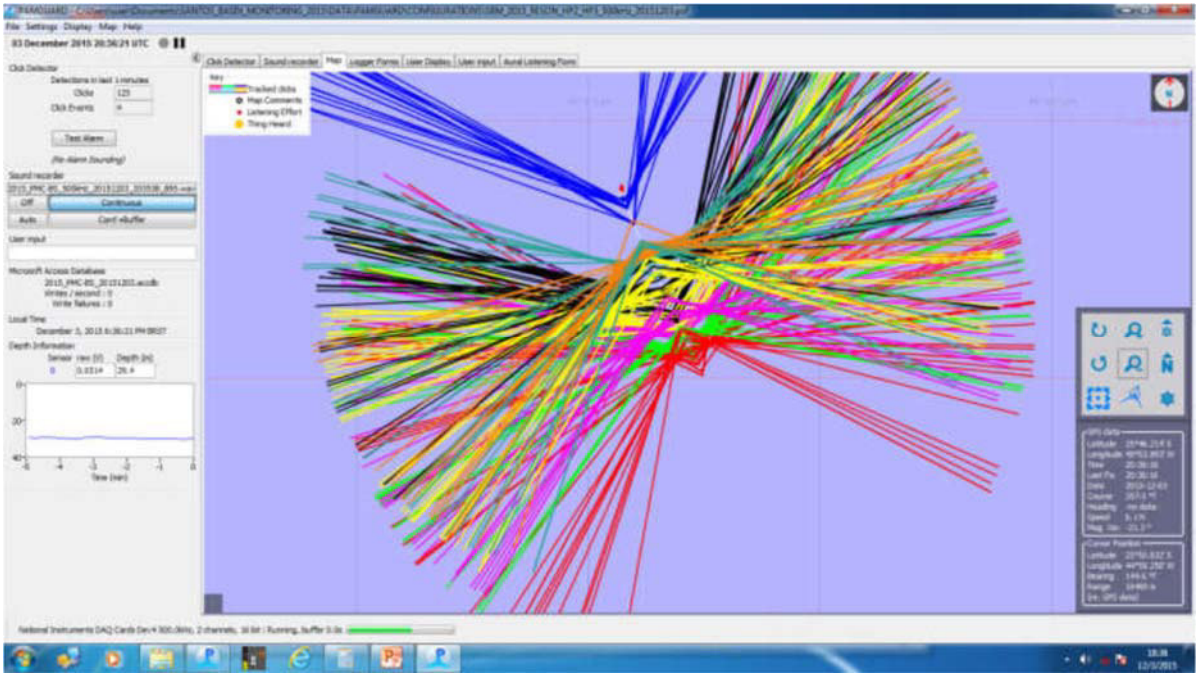


Figura 8: Múltiplos indivíduos de cachalote localizados no mapa do PAMGUARD.

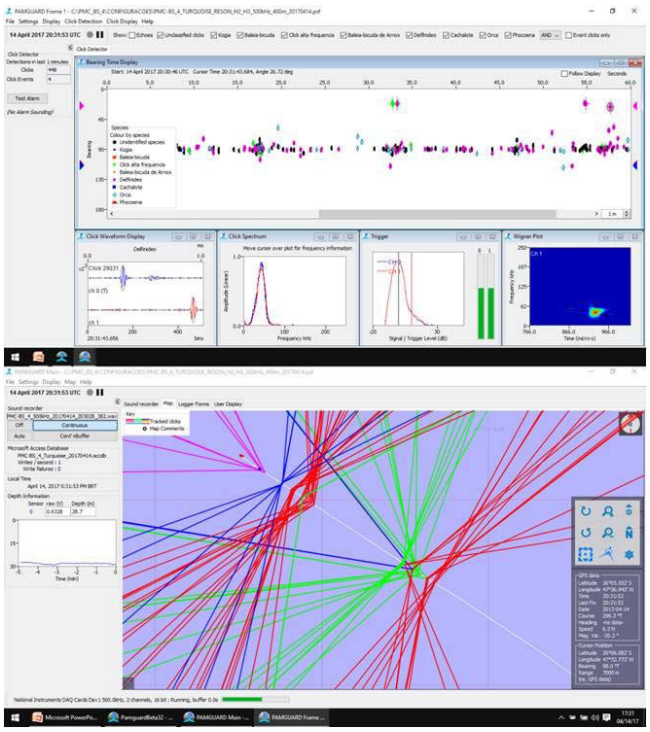


Figura 9: Múltiplos sub-grupos de golfinhos localizados no mapa do PAMGUARD.

Classificação quali-quantitativa dos assovios

No caso das detecções que contém assovios de delfinídeos a detecção deve ser classificada de acordo com uma escala da quantidade e força dos assovios. A escalas a de "Taxa de Ocorrência" e "Força do Sinal" devem ser assinalas e preenchidas tanto na "Ficha de Detecção do MAP" como na "Planilha de Detecção MAP - SisPMC" que são apresentadas adiante.

As escalas estão descritas abaixo:

Taxa de Ocorrência

1- Apenas um ou dois assovios durante todo intervalo de duração da detecção;

2- Assovios detectados mais de duas vezes, porém menos do que a metade do intervalo de tempo de duração da detecção;

3- Assovios detectados em pelo menos metade do intervalo de tempo de duração da detecção, com períodos ocasionais de ausência de vocalizações;

4- Assovios detectados constantemente ao longo do intervalo de tempo de duração da detecção, com curtos espaços sem vocalizações;

5- Semelhante ao (4), com o critério adicional dos assovios estarem sobrepostos.

Força do sinal

1- Assovios fracos, que mal podem ser escutados ou vistos no espectrograma, por vezes apenas vistos mas não podem ser escutados ou vive-versa;

2- Assovios podem ser escutados e vistos no espectrograma, porém ainda muito fracos para serem localizados (ou ângulos estimados são pouco confiáveis);

3- Assovios fortes, claramente escutados e vistos no espectrograma e que podem ser utilizados para a estimativa de ângulos;

4- Assovios muito fortes e bem destacados no espectrograma.

Cópia de tela (*print screen*)

Durante as detecções faça cópias da tela do computador (tecla PrtSc) para ilustrar a detecção. Você pode fazer cópias da tela do ISHMAEL ou PAMGUARD, tanto dos espectrogramas, detector de cliques e mapas do WHALTRAK2 e PAMGUARD para ilustrar as detecções e localizações. Copie a tela em um arquivo do PowerPoint. Faça um arquivo do PowerPoint diferente para cada dia. No primeiro slide coloque a data e nos slides que ilustram a detecção coloque no título do slide o número da detecção acústica (e visual se houver) e a classificação taxonômica da detecção (**Figura 10**)

Você pode fazer cópia da tela do espectrograma de outros eventos que não necessariamente sejam detecções, como por exemplo, para ilustrar algum ruído verificado no sistema, ruído de embarcações ou plataformas (quando possível anote o nome da embarcação ou plataforma). Na **Figura 9** está ilustrado um exemplo da cópia de tela que foi colada no slide do PowerPoint.

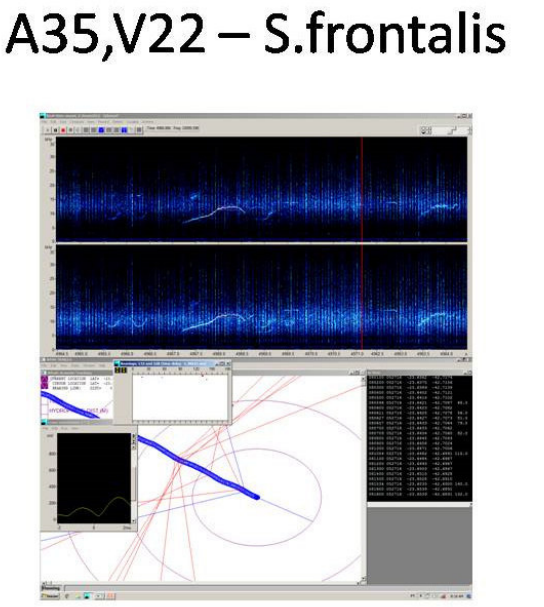


Figura 10: Cópia da tela do ISHAMEL/WHALTRAK2 durante uma detecção acústica e visual de *Stenella frontalis*. Os códigos identificam o número da detecção acústica e visual.

Troca de turno entre operadores de MAP

São 3 operadores de MAP a bordo. Os turnos de monitoramento são de 2 horas, sendo dois operadores trabalhando conjuntamente, cada um operando um dos computadores (ISHMAEL/WHALTRAK2 ou PAMGUARD) enquanto o terceiro permanece no descanso de 1 hora. Portanto, os operadores devem organizar uma tabela de rodízio, dividindo os turnos de cada um de maneira que cada operador trabalhe 2 horas e descanse 1 hora. Os dois operadores do primeiro turno do dia devem se dividir de modo que um auxilie no lançamento do cabo e o outro faça os preparativos para início do monitoramento na estação de MAP. O mesmo vale para o final do dia, os dois operadores do último turno devem se dividir de maneira que um auxilie no recolhimento do cabo e outro no nos procedimentos do final do dia descritos adiante.

IMPORTANTE: O ISHMAEL por vezes pode aleatoriamente começar a subscrever arquivos de áudio e gerar perda de dados. Para evitar isto é recomendado **parar e reiniciar as gravações do ISHMAEL no início do turno de cada operador.**

6. Caderno de Campo e Ficha de Detecção do MAP

Caderno de Campo:

Faça anotações livres sobre o monitoramento, sempre informando o horário de qualquer observação que for registrada. Você pode registrar informações como o início do dia, troca de linhas, final do dia, qualquer paralisação que possa ocorrer no esforço, descrevendo o motivo (tanto do MAP como visual), trocas de turnos entre os operadores de MAP, mudanças no estado do mar, problemas técnicos com o equipamento e soluções encontradas, ruídos presentes (ex: ruído elétrico no sistema, embarcações ou plataformas próximas) ou qualquer outra informação que você julgue importante.
Durante as detecções você pode fazer suas anotações no caderno, e depois passar a limpo as informações para a "Ficha de Detecção do MAP" e no *logger form* do PAMGUARD na aba "*Detection*". Você pode anotar o horário e os ângulos que estão sendo enviados, o tipo de vocalização, a quantidade e intensidade das vocalizações, as distâncias estimadas entre os diferentes lados para depois calcular a média para localizações com lado ambíguo, o horário do último sinal detectado e outras informações sobre a detecção que julgar importante. Caso haja a observação visual da detecção acústica registre todas as informações passadas pelos observadores. No final do dia anote o número total de detecções acústicas registradas e o grupo taxonômico correspondente de cada uma delas. Esta informação deve ser passada para o coordenador da campanha para que inclua no RDO (Relatório Diário de Operação).

Ficha de Detecção do MAP

Além das fichas impressas "Ficha de Esforço Diário do MAP" e "Ficha de Interrupção MAP" que devem ser preenchidas diariamente, também é necessário preencher uma ficha impressa de detecção do MAP sempre que registros de vocalizações de cetáceos forem feitos.

Para manter a organização e facilidade de consulta dos dados registrados, a ficha de campo impressa "Ficha de Detecção do MAP" será utilizada de maneira padronizada.
Sempre preencha todos os campos. Nunca deixe nenhum campo em branco. Caso a informação do campo não esteja disponível, preencha com "999" ou um traço de hífen (-).

Um exemplo do padrão de preenchimento da "**Ficha de Detecção MAP**" está ilustrado abaixo:

PROJETO DE MONITORAMENTO DE CETÁCEOS DA BACIA DE SANTOS
FICHA DE DETECÇÃO - MAP
CAMPANHA:___3__

Espécie:___*S. longirostris*_____
Data: *_25__/__05__/_2016_*
ID MAP: *_ 31___* ***ID Visual:*** *_25___*
Horário inicial: *15_:_15*
Lat/Long: *___-23.5762 / -44.5325*

1º)>*_45__º@ _15_:_17_****Lat/Long****: -23. 5067 / -44.3278*
1ª Dist: *___950__m*

Beam)>*__92__º@ 15_: 23_* ***Dist. Beam:*** *___600_m*
Lat/Long Beam: *-23.4321 / -44.2214*

Tipo de Sinal:*__Assovio e cliques de ecolocalização__* ***Tx. Ocorr.:*** *_3_* ***FS:*** *_3_*
Localização: *__Ishmael____* ***QLoc:****__3__*

Horário Final: *_15_:_38*

Observações:
Grupo de 80 - 100 indivíduos, detectado por assovios e depois avistado pelos observadores. Animais vieram da direção boreste e fizeram bowriding (sub-grupo de 30 indivíduos). Saltos e porpoising. Foi feita biópsia e foto-id. Cliques e muitos assovios fortes no início depois ficou mais fraco.

Planilha de Detecção MAP da Base de Dados do MS Access

Conforme mencionado anteriormente, todas as informações das planilhas eletrônicas do PAMGUARD (*logger forms*) são armazenadas em uma base de dados do Access. As planilhas "Effort" e "Detection" devem ser exportadas para planilhas do excel diariamente, nomeando os arquivos pela data (ex: Detection_170308). As detecções acústicas registradas diariamente devem ser conferidos e transcritos para a planilha "Detection_total" de maneira cumulativa. O modelo da planilha está no computador do PAMGUARD, preenchas as informações das detecções acústicas de acordo.

Planilha de Detecção MAP - SisPMC

Por último, todas as detecções devem ser transcritas diariamente para a planilha padrão do SisPMC. Esta planilha está no computador do ISHAMEL.

7. Final do dia

Anote o horário de encerramento do esforço, as coordenadas geográficas e verifique as milhas náuticas percorridas no GPS portátil. Preencha estas informações na planilha eletrônica e na "Ficha de Esforço Dário de MAP". Escreva no comentário que o esforço foi encerrado e siga os seguintes passos (sempre nesta ordem):

- Encerre a gravação no ISHMAEL e PAMGUARD
- Tire o *plug* de alimentação da bateria que energiza o arranjo de hidrofones
- Desligue os equipamentos usando a chave localizada na parte direita de cada painel frontal.
- Desconecte da medusa o cabo de convés e passe o cabo pelo orifício para fora da ponte.

Atenção! No início do dia ligar o arranjo de hidrofones na bateria é o ultimo passo e no final do dia, desconectar a bateria do arranjo de hidrofones é o primeiro passo para desligar o equipamento.

Enquanto um operador permanece na estação de MAP para fazer todo procedimento de conferência dos dados e back-up (ver abaixo), o outro operador deve auxiliar no recolhimento do cabo.

Recolhimento do cabo

EPI obrigatório: colete salva-vidas, capacete, cinta com mosquetão, botas, rádio para comunicação com a ponte.

O cabo de reboque deve ser desconectado do cabo de convés, e sua terminação amarrada na lateral do guincho. Peça a ponte de comando que a velocidade do navio seja reduzida para iniciar o recolhimento. O operador do guincho irá acionar o guincho, fique atento ao cabo conforme vai sendo enrolado no guincho, que deve ser guiado com as mãos, caso haja excesso de cabo em algum dos lados do tambor. Ao chegar no *chinese finger* peça para que o guincho pare e desatarraxe as cordas com os mosquetões que ficam presos no *chinese finger*. Em seguida, peça para que o operador do guincho continue o recolhimento do cabo. No final, onde estão os lastros e o arranjo de hidrofones, você deve suspender o cabo com as mãos para evitar que sejam arrastados no convés. Cuidadosamente conduza com as mãos até o guincho (o guincho será acionado em baixa velocidade). Lembre-se: Nunca deixe o arranjo de hidrofones ser arrastado no convés. Ao término, avise ponte de comando que o recolhimento foi concluído.

Conferência e Transcrição dos Dados

Todos os registros feitos nas planilhas eletrônicas do PAMGUARD (*Logger forms*) devem ser conferidos para verificar se foram corretamente preenchidos e estão de acordo com os registros feitos no caderno de anotações. As planilhas "effort" e "detection" devem ser exportadas para o Excel e transcritas para a planilhas "effort_total" e "detection_total" diariamente. Adicionalmente, as detecções acústicas devem ser transcritas para a "planilha coleta acústica_SisPMC" (planilha padrão SisPMC).

Para a conferência dos dados:

Na pasta PMC_BS vá em →PAMGUARD→BASE DE DADOS

Abra o arquivo MS Access do dia e cheque os dados de todas as planilhas (Arranjo de Hidrofones, SPA, Detecção, Esforço e GPS) para verificar se não há erros ou dados faltantes, conferindo se estão de

acordo com os registros do caderno de campo, planilhas do excel e fichas impressas de esforço e detecções.

***Backup do Dados*:**

O Backup deve ser feito a partir dos computadores para os HDs utilizando o RAID. Só apague dos computadores conforme estes forem ficando cheio, sempre conferindo que o back-up foi feito adequadamente antes de apagar dados do computador.

Ligue o RAID na tomada. Conecte o cabo USB no computador aperte o botão para ligar, que fica na parte de atrás do RAID.

O RAID têm dois HDs que fazem cópias espelhada dos dados. Quando os HDs encherem deve ser trocado por HDs vazios que estão a bordo.

Nos HDs, os backups devem ser feitas conforme descrito abaixo:

No computador do PAMGUARD:

Os arquivos de áudio do PAMGUARD são salvos em pastas nomeadas pela data na pasta GRAVACOES

PMC_BS →PAMGUARD→GRAVACOES

Faça o backup das seguintes pastas e arquivos:

- Pasta com as gravações do dia (GRAVACOES)
- Configuração do PAMGUARD do dia (.psf) (CONFIGURACOES)
- Database do dia (.accdb) (BASE DE DADOS) e pastas com as planilhas do excel (EFFORT e DETECTION)
- Dados binários - o PAMGUARD automaticamente cria uma pasta do dia, apenas copie e cole esta pasta (BINARIOS)
- Arquivos Power Point com cópias de tela do dia (se houver) (CAPTURAS DE TELA)

Depois de finalizado o backup desligue o computador. Certifique-se de que o PAMGUARD esteja pronto para o dia seguinte (nova base de dados e configuração salva).

No computador do ISHMAEL/WHALTRAK2:

Conecte o RAID no computador do ISHMAEL e salve as planilhas do excel do esforço do MAP (salvar diariamente, copiando e substituindo o arquivo).

Vá em PMC-BS →ISHMAEL→GRAVACOES

Crie uma pasta e nomeie com a data atual, depois mova todos os arquivos das gravações do dia para esta pasta.

Faça o backup das seguintes pastas e arquivos:

- Pasta com as gravações do ISHMAEL do dia (GRAVACOES)
- Arquivo de configuração do ISHMAEL (.ipf) do dia (CONFIGURACOES)
- Arquivo do PowerPoint com as copias de tela do dia (se houver) (CAPTURAS DE TELA)

WHALTRAK2:

Os arquivos de base de dados do WHALTRAK2 são armazenados na Área de Trabalho do computador do ISHMAEL. São duas pastas que são respectivamente para a configuração de 150m ou 400m:

WHALTRAK2.6- 150m
WHALTRAK2.6-400m

Crie uma pasta para o dia e coloque todos arquivos do WHALTRAK2 nesta pasta. Recorte esta pasta e cole no RAID (salve em PMC-BS → WT2 →BASE DE DADOS).

Importante! As pastas WHALTRAK2.6 da Área de Trabalho do computador devem estar vazias para o dia seguinte.

Depois de concluir todos os backups do ISHMAEL e WHALTRAK2 você já pode desligar o computador. Depois desligue o RAID e tire da tomada.

Os arquivos salvos no computador podem ser gradualmente apagados conforme o computador for ficando cheio. Somente apague os arquivos do computador após ter certeza de que todos arquivos foram copiados para os HDs externos. Quando os HDs estiverem cheios troque por HDs novos. Os HDs novos devem ser formatados e colocados na case do RAID (RAID Mode 01) para que os dados sejam copiados de forma espelhada entre os dois HDs.

8. Troubleshooting

Sensor de Profundidade

A calibração do sensor de profundidade pode ser feita utilizando o programa "Calibrar Sens Prof", o ícone está na Área de Trabalho.

O sensor de profundidade é alimentado por uma bateria 9V que fica dentro de um compartimento no rack. Quando você notar que o registro de profundidade no PAMGUARD está errático e o led estiver como uma alaranjada, a bateria deve ser trocada. Abra o compartimento e retire a bateria, sem puxar os fios, e substitua por uma nova. Em média a bateria dura cerca de 4 dias.

Caso fazer a troca pelo SPA reserva, você deve abrir o programa INSTACALL para que o PG reconheça a placa do sensor de profundidade. Ao abrir o programa apenas clique em ok e a placa é reconhecida automaticamente.

GPS

Caso o GPS não seja reconhecido, pode ser que na configuração não esteja selecionada a porta de comunicação correta (se tiver trocado entre o SPA principal e reserva , por exemplo). Na área de trabalho do computador no ícone GPS INFO, você pode escanear a porta de USB que o computador está reconhecendo o GPS, e ajustar de acordo nas configurações dos programas PG e WT.

Obs: No programa "GPS INFO" você pode sincronizar o horário entre o GPS e o computador, é recomendável fazer este procedimento regularmente (Clique em "Set Time").

PAMGUARD

Nos casos em que o PAMGUARD congelar você deve reiniciar imediatamente. Evite mexer nas configurações do programa durante as detecções, pois isto pode fazer o programa ficar sobrecarregado e travar. Sempre faça anotações no caso de ser necessário reiniciar o PAMGUARD.

Caso haja algum erro no PAMGUARD você pode verificar na janela de tela preta do programa qual a mensagem de erro que o programa esta acusando.

ISHMAEL

O ISHMAEL dificilmente trava, mas caso aconteça também deve ser reiniciado. Caso apertar o *play* para início da gravação e o espectrograma não aparecer, verifique se a placa de som está corretamente selecionada (vá em File → SoundCard).

WHALTRAK2.6

Quando você notar que a tela principal do WHALTRAK2 fica branca quer dizer que o arquivo da base de dados está muito grande. Você deve fechar e reiniciar o WHALTRAK2 e ele irá criar um novo arquivo da base de dados automaticamente.

Mau funcionamento ou danos no sistema de MAP

No caso de algum dano ou mau funcionamento do equipamento de MAP, tente rastrear e encontrar a origem do problema (verifique o caminho do sinal desde os hidrofones até os computadores e fones de ouvido). Veja o que está funcionando normalmente para tentar isolar e identificar o problema. Na **Figura 11**, está ilustrado um diagrama do sistema de processamento acústico.

O áudio é captado pelos pares de hidrofones de baixa frequência (APC – Hidrofones 1 e 4) e alta frequência (RESON – Hidrofones 2 e 3) e transmitidos para os quatro canais do Rack (Filtro passa-altas Ecowaves com ganho ajustável), onde o sinal é filtrado e amplificado. O monitoramento aural é feito pelo áudio dos hidrofones 1 e 4, distribuído para os dois fones de ouvido. No entanto você também pode ouvir os hidrofone Reson, movendo para a direita a chave seletora no rack do SPA. O áudio direcionado para o SPA, contém as placas de digitalização (placa 192 kHz e NIDAQ). No SPA, as saídas USB do painel conduzem dois canais de áudio para o computador do ISHMAEL (H1 e H4 – canais de baixa frequência) e dois canais para o computador do PAMGUARD (H2 e H3 – canais de alta frequência). As saídas USB do painel também distribuem o sinal de GPS para ambos os computadores e o sinal da placa do sensor de profundidade para o computador do PAMGUARD. A energização do sistema é feita por um transformador 220V-110V que passa pelo *no-break* e é distribuído para extensões de tomadas que ligam os computadores e monitores. O filtro passa-altas Ecowaves do SPA e a placa NIDAQ são ligados na tomada diretamente no *no-break*. O sensor de profundidade é alimentado por uma bateria

9V, que fica em um compartimento dentro do Rack. Os hidrofones e pré-amplificadores do arranjo são energizados por uma bateria 12V, que deve ser carregada todas as noites após o fim do esforço.

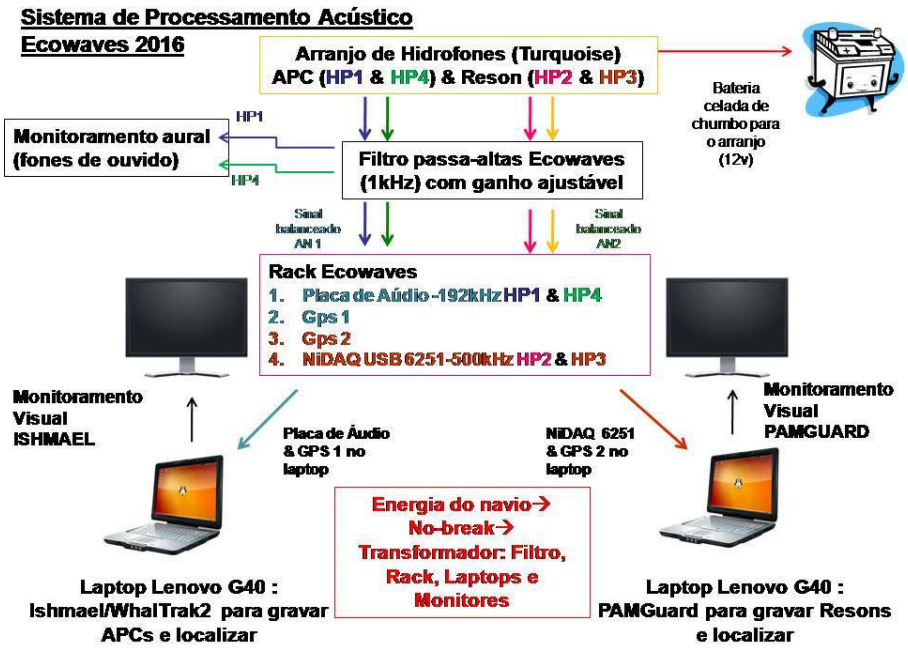


Figura 11: Diagrama do Sistema de Processamento Acústico (SPA)

No caso de avarias no equipamento, preencha um relatório (modelo de exemplo na Área de Trabalho do computador do ISHMAEL) descrevendo a ocorrência incluindo fotos para ilustrar a situação. No caso de problemas de software, faça cópias de tela da mensagem de erro que aparecer.

Caso seja necessário, substitua algum componente com mau funcionamento ou avariado pelo reserva que se encontra a bordo. Quando isto ocorrer, comunique imediatamente para a equipe da Socioambiental em terra (através do AUTOTRACK ou telefone) a ocorrência para que as devidas providências sejam tomadas.

Bom trabalho!

OBJETIVO
Descrever os procedimentos relativos ao processamento de dados do Monitoramento Acústico Passivo do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS.

Controle de Revisões	
Data	**Descrição**
04/07/2016	Versão Original
30/09/2016	Detalhamento da Metodologia
11/10/2016	Revisão ortográfica e gramatical
01/03/2017	Inserção de procedimentos do SisPMC
22/05/2017	Inserção de metodologia para amostragem de assovios e análises da sonoteca

1. Volume e armazenamento dos dados

As gravações contínuas feitas durante o Monitoramento Acústico Passivo - MAP nas campanhas de Avistagem Embarcada e MAP produzem cerca de 4 TB. A maior parte são arquivos do tipo WAVE, que inclui o áudio gravado em taxas de amostragem de 192 kHz e 5000 kHz mas também inclui as configuração e base de dados dos softwares (ISHMAEL, WHALTRAK e PAMGUARD), planilha de esforço do MAP e capturas de tela que ilustram as detecções acústicas. Em cada campanha, estes dados são armazenados em 2 HDs de 2 TB, denominados HDs I (um) e II (dois). Uma cópia de segurança dos dados é feita em campo através de um RAID ("Conjunto Redundante de Discos Independentes") que grava os dados em 2 HDs que são uma cópia um do outro (espelhamento - Modo RAID 01).

Os dados também são coletados através de fichas impressas de esforço e detecções acústicas de cetáceos, além de um caderno de campo que os operadores de MAP registram esforço, detecções acústicas e anotações livres sobre o monitoramento.

2. Responsabilidades

O coordenador de Monitoramento Acústico Passivo (Alexandre Paro – ECOWAVES) e coordenador temático de Bioacústica (Marcos Rossi-Santos – Laboratório de Ecologia Acústica e Comportamento Animal, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA - UFRB), serão responsáveis pelo processamento e análise de dados. Os dados coletados são disponibilizados aos coordenadores logo após o final de cada campanha embarcada e MAP do PMC - BS.

Marcos Rossi - Santos realiza suas atividades na UFRB, localizada na cidade de Cruz das Almas - BA, onde dois estagiários bolsistas foram treinados para colaboração no processamento e análise de dados sob sua orientação.Alexandre Paro realiza suas atividades na sede da ECOWAVES em São Paulo -SP.

3. Descrição do fluxo de dados

Ao final de cada campanha de Avistagem Embarcada e MAP, os dados (HDI e HDII duplicados e Caderno de Anotações de campo) devem ser recebidos na sede da SOCIOAMBIENTAL, onde será feita uma cópia no servidor da empresa, além de fotocópias do caderno de campo e as fichas de campo impressas.

Na sede da Socioambiental será mantido a cópia dos dados e o original das Fichas e Caderno de Campo.

Cada conjunto de cópias dos HDs (HDI e HDII) e fichas e caderno de campo de cada campanha de MAP do PMC - BS devem ser encaminhados aos coordenadores Marcos Rossi-Santos e Alexandre Paro, em suas respectivas sedes.

As etapas iniciais do processamento de dados do MAP realizado pelos coordenadores consistem na triagem, validação e classificação das detecções acústicas. Esta etapa é importante pois os registros podem ser validados de maneira mais detalhada do que é feito no campo, onde tudo é feito em tempo real. Estas atividades serão realizadas por ambas instituições (ECOWAVES e UFRB), que se organizarão para dividir os esforços e apresentar os dados, conforme descrito no item 4.

4. Descrição das etapas do processamento de dados

I. ETAPA 1 - TRIAGEM: os dados que contém as gravações contínuas devem ser triados. Para isso é feita a conferência dos registros feitos no campo e a triagem do respectivos arquivos de áudio conferindo a data e hora da detecção. Nas detecções de assovios, cliques de cachalote ou canto de baleia; são triados arquivos de áudio do ISHAMEL (taxa de amostragem: 192 kHz). Dos arquivos de áudio das gravações do PAMGUARD (taxa de amostragem de 500 kHz), são triadas as detecções que apresentaram apenas cliques de alta freqüência. Nos casos que a espécie ou gênero da qual o registro acústico pertence foi identificado, a triagem é feita tanto dos arquivos do ISHMAEL quanto do PAMGUARD (caso a detecção tenha tanto assovios como cliques).

   Os dados serão organizados em pastas, por campanha de Avistagem Embarcada e MAP (ex: PMC_BS_1, PMC_BS_2, PMC_BS_3, etc.). Dentro destas pastas estarão as pastas referentes a data de cada dia das respectivas campanhas (nomeadas pela data, ex:20160513, 20160514, 20160515, etc.). Por fim, os arquivos de áudio triados são organizados dentro de pastas nomeadas de acordo com um código da detecção (ID MAP registrado em campo, ex: A1, A2, A3, etc.). Os metadados relativos as detecções também são organizados dentro das pastas de cada dia da campanha. São eles: base de dados do PAMGUARD (arquivo MS Access), pasta com os dados binários do PAMGUARD e as capturas de tela feitas pelos operadores de MAP.

II. ETAPA 2 - VALIDAÇÃO: Após os dados serem triados, é necessário conferir os arquivos de áudio buscando confirmar a existência de sinais de cetáceos que correspondem aos registros realizados pelos operadores de MAP em campo. A validação é feita tanto pelo método aural (fones de ouvido) como o uso de um software de áudio para gerar e visualizar os espectrogramas. Na validação confirmar-se houve falsos positivos ou negativos nos registros. É verificado os tipos de sinais presentes (assovios, cliques, buzzes e gritos), a classificação taxonômica atribuída e se o horário inicial e final das detecções foi registrado corretamente. No caso de assovios, também é validada a classificação quali-quantitativa referente a quantidade e força dos assovios (descrita na ETAPA 2). Detecções que foram feitas em conjunto com a avistagem são confirmadas em relação ao grupo taxonômico identificado. São feitos novos comentários em relação a detecção , com o objetivo de descrever melhor o registro. Os dados registrados podem sofrer alterações de acordo com o que foi validado durante esta etapa.

III. ETAPA 3 - CLASSIFICAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA: Classifica as detecções de acordo com a quantidade e qualidade das vocalizações, especificamente para os assovios de delfinídeos. As escalas adotadas, baseada no manual do programa WHALTRAK2.6,refere-se a taxa de ocorrência (quantidade) e a força do sinal, conforme descritos no ANEXO 1. Esta escala é um indicativo da qualidade da detecção para aplicação das metodologias propostas para análise de dados. Os operadores de MAP fazem o registro utilizando esta mesma escala. A classificação pode sofrer alterações de acordo com o que é validado nesta etapa.

5. Planilhas do MAP

Após a campanha, uma planilha "pré-validação" é inserida no Sistema do PMC - BS (SisPMC). A "Planilha de Detecção MAP - SisPMC" é preenchida durante a campanha no campo.

Nesta planilha será informado:

- Data
- Horário Inicial
- Horário Final
- Coordenadas geográficas
- Código da detecção acústica (ID MAP)
- Código da detecção visual (se houver)
- Grupo misto (sim ou não)
- Espécie (ou táxon mais próximo)
- Tipo de vocalização
- Escala da quantidade de sinais (Taxa de Ocorrência)
- Escala da força dos sinais (Força do Sinal)
- Localização (sim ou não)
- Operador de MAP
- Comentários

Esta planilha poderá sofrer alterações, de acordo com a validação realizada durante o processamento dos dados. As alterações na planilha poderá ser realizada diretamente na planilha a partir do SisPMC, que inclusive registra todas as modificações feitas na planilha original.

As alterações que porventura ocorrerem na planilha de detecção MAP -SisPMC também serão feitas na planilha de detecção denominada "Detection_Total", transcrita a partir dos dados registrados no campo a partir das planilhas eletrônicas do PAMGUARD . Nesta planilha, além das informações que também constam na planilha do SisPMC , também estão feitos os registros a respeito da localização que foi realizada em campo, como o 1o angulo estimado, a 1a distância, o horário e coordenadas que os animais estavam na perpendicular, o programa na qual a localização foi feita, qualidade da localização, além de informações se houve avistagem por parte dos observadores.

As etapas descritas neste procedimento referem-se ao processamento inicial para validação, classificação e triagem dos dados de MAP obtidos durante as campanhas de Avistagem Embarcada e MAP. Após a conclusão dessas etapas, dá-se início às análises dos dados.

6. Processamento para a amostragem de assovios da sonoteca e análises para construção de classificadores

A Sonoteca está estruturada em diferentes pastas, nomeadas pelas espécies registradas e catalogadas. Portanto a sonoteca está composta pelas detecções acústicas que tiveram a espécie confirmada através da equipe de observadores do PMC - BS que realizou o esforço amostral em conjunto com o MAP.

Cada pasta referente a espécie contém:

1) Planilha de Análise: RoccaCountour Stats_espécie

2) Pastas das detecções acústicas referentes às espécies (ex: PMC_2_A23)

As pastas das detecções contém:

1) Planilha SchoolStats_espécie_detecção (ex: SchoolStats_S.frontalis_A25)

2) Pasta com clipes de áudio (contendo as amostras de assovios e a tabela do RAVEN com assovios selecionados)

3) Pasta de arquivos das Figuras dos Espectrogramas

RAVEN

Abrir os arquivos de áudio das detecções acústica a serem analisadas no programa RAVEN.

Os arquivos de áudio previamente triados estão separados por campanha e em pastas correspondentes a cada detecção acústica (nomeada como A_(ID da detecção). Estes são os dados originais que serão usados para selecionar os assovios das análises. Você deve abrir estes áudios referentes a espécie e detecção acústica (ou encontro) que for trabalhar.

Caso o arquivo de áudio esteja muito baixo, proceder conforme abaixo:

Amplificação - Audacity

Quando o áudio estiver muito baixo , o arquivo deve ser amplificado utilizando o programa Audacity.

Abrir arquivo e selecionar todo o áudio (Ctrl + A)

Na barra de tarefas ir em " Efeitos" --> "Amplificar"

Clicar em OK

Clicar em : "Arquivo" e "Exportar Áudio"

Salvar em cima do arquivo original. É gerado um novo arquivo do sinal amplificado e uma cópia original.

Configurar e salvar "window Preset" do Raven:

Cor do Espectograma: Cool

Tamanho da Janela: 1024 pontos

View - > Tollbars: Tick "play" and "spectogram"

Choose Measurements: incluir "Delta time"

Selecionar assovios no RAVEN

Critérios de seleção de assovios:

1) Assovio deve ser de boa qualidade, de maneira que se possa visualizar claramente o início e o fim do assovio (que não gere dúvida quanto a seu contorno). A escolha de assovios que não estão claros acarreta em medições imprecisas.

2) Assovios sobrepostos podem ser selecionados, desde que ainda seja possível individualizar cada assovio em relação ao seu inicio e fim, sem ambigüidade.

Arraste o mouse com o botão direito pressionado para selecionar o assovio e solte o botão para selecionar o trecho do áudio que contém o assovio, **sempre deixando sobras entre o início e fim do sinal.**

Escolha as amostras de assovios de acordo com os critérios estabelecidos e aperte ENTER após selecionar o sinal para salvar o clipe selecionado na tabela de seleção (*selection table*)

Durante a seleção gerar figuras de bons exemplos de assovios e nomear de acordo com o nome do clipe.

Estas imagens serão posteriormente inseridas na Sonoteca Didática do SisPMC. Usar zoom conforme descrito acima (pg. 2). Caso o assovio alcance mais de 24 kHz, aumentar o eixo da escala de freqüência.

Usar esta configuração do espectrograma quando for gerar imagens para a sonoteca:

Na coluna a direita do RAVEN, aba "Lalyout" em c"Components" deixe abilitado "Axes", "Axis Titles" e desabilite "Position Markers" para que os marcadores não apareçam na imagem.

Zoom:

4 vezes na freqüência - eixo y (freq. até 24 kHz - caso o assovio passe de 24 kHz diminuir o zoom 1x)

13 vezes no tempo - eixo x (t até 1,3 s) - caso o assovio tenha duração maior diminuir o zoom

Atalhos no teclado: CRTL+SHIFT+P - Play **/** CTRL -> ou CTRL <- - mover página para direita ou esquerda

Para nomear a imagem use este padrão:

Nome da imagem: PMC_(numero da campanha)_A (número da detecção)_ horário do arquivo de áudio original_clipe (Número do clipe)

ex: PMC_1_A13_1610_clipe_03

Ao finalizar a seleção de amostras de assovios do respectivo arquivo de áudio original é necessário salvar a tabela de seleção:

File -> "Save Selection Table 1 as"

Salvar este arquivo dentro da pasta que contém os áudios da detecção (pasta AUDIOS da sonoteca). Este arquivo é a referência para encontrar os assovios selecionados a partir do arquivo de áudio original.

Salvar o nome da tabela preservando o nome default (data e hora do arquivo) e incluir no início:

PMC_(numero da campanha)_A (id da detecção)

ex: PMC-BS_2_A92_ 20160619-155000.Table.1.selections.txt

Gerar clipes de áudio para todos as amostras selecionadas.

Isto é feito através dos comandos:

"Save All Selections in Current Table as"

Configurar para gerar arquivos tipo WAVE 16 bits

Configurar para nomear arquivos de clipe de áudio da seguinte maneira:

PMC-BS_(número da campanha)_A_(id da deteção)_(horário do arquivo de áudio original)_clipe_<ii>.wav

ex: PMC_2_A92_1550_clipe_04. wav

Não deixar nenhuma seleção ativa quando for salvar as tabelas e clipes de áudio.

Salvar os clipes de áudio na pasta da detecção correspondente na SONOTECA (ver pag. 1 - pasta com arquivos de áudio) (pasta AUDIOS).

Selecionar as melhores amostras de clipes de áudio com respectivas figuras dos espectrograma para inserir na Sonoteca Didática do SisPMC.

Seleção aleatória de amostras de assovios para análises no ROCCA a partir da Sonoteca Científica

Os assovio analisados no ROCCA são aqueles nas quais a espécie ou gênero são conhecidos. Os dados são obtidos a partir da "Sonoteca Científica". Os assovios de cada detecção referente a uma determinada espécie são amostrados de maneira randômica, o procedimento está descrito abaixo:

No Excell fazer uma coluna inserindo o horário do áudio original _1 e gerar seqüencia numérica que corresponde aos números dos clipes extraídos do arquivo original. Quando há mais de um arquivo original, cada arquivo é representado pelo horário do respectivo áudio e deve apresentar uma nova seqüência numérica. No exemplo abaixo, há dois arquivos (15:50 e 16:00). Abaixo são representados as seqüências de 10 clipes do áudio das 15:50h e 7 clipes do áudio das 16:00h

ex: 1550_1 ..... 1550_10, 1600_1 ... 1600_7

Em outra coluna inserir ao lado da numeração dos clipes uma ordem numérica começando do 1 que numera todos os clipes de áudio dos diferentes clipes da detecção. A ordem numérica desta coluna representa o número do assovios do respectivo clipe de áudio. Será feito um sorteio para selecionar amostras para analise através de amostragem randômica.

Critérios para Seleção Randômica:

Para selecionar aleatoriamente as amostras de assovios a serem analisadas no ROCCA segue- se as seguintes regras:

1) até 30 assovios: analisar todos

2) de 31 a 100: analisar 75 % dos assovios através de seleção randômica ou até o máximo de 50.

3) acima de 100: analisar 50 assovios através de seleção randômica.

O sorteio é feito através do programa R.

Abra o programa e digite o seguinte comando:

sample(1:numero de assovios detectados, numero de assovios sorteados, replace=F)

ex: 50 assovios selecionados no RAVEN

75% de 50 = 37,5 (arredondar para 38) (caso o decimal é menor que 5 arredondar para baixo)

comando no R:

sample(1:50, 38, replace = F

ANÁLISE DOS ASSOVIOS NO ROCCA

Os assovios selecionados, conforme descrito acima, devem ser copiados da Sonoteca Científica e colados em uma nova pasta denominada "ROCCA". De maneira similar a Sonoteca, na pasta "ROCCA" deve-se criar as pastas para cada espécie (ex: *T. truncatus*) e cada ID MAP (ex: PMC_3_A92) e colocar os clipes de áudio com assovios selecionados na respectiva pasta.

As análises são feitas no ROCCA, que está integrado ao programa PAMGUARD.

Ao abrir o PAMGUARD carregue o arquivo de configuração (.psf) denominado **ROCCA_Manual.psf**

As análises do ROCCA vão gerar duas planilhas, denominadas **: "RoccaCountourStats_espécie.csv" e SchoolStats_campanha_ID_MAP_espécie.csv"**

Para configurar a pasta de destino e o nome destes arquivos, na barra de ferramentas do ROCCA vá em "Settings" -> "ROCCA Parameters" - > "Output". Altere o nome do arquivo e a pasta de destino.

Em "**Outputs Directory**":

Escolha a pasta onde os arquivos serão salvos (pasta da espécie em questão).

Em "**Countour Stats Save File**"

Digite o nome do arquivo **"RoccaCountourStats"** da espécie em questão.

No arquivo "**RoccaCountourStats_especie.csv**" o resultado das análises de todos os assovios de uma determinada espécie serão compilados. O ROCCA salva de forma cumulativa, adicionando na planilha os dados na medida que vão sendo analisados. Portanto, cada espécie terá uma planilha denominada como no exemplo abaixo:

ex: RoccaCountorsStats_S.frontalis.csv

Caso a espécie não tenha um arquivo de "RoccaContourStats_espécie.csv" crie um.

Em " **Encounter Stats Save File**":

"SchoolStats" é um arquivo que computa os resultados da classificação considerando todos os assovios de uma determinada detecção acústica (denominado no ROCCA de encontro ou "encounter" **). Portanto deve ser gerado um novo arquivo para cada detecção acústica ou encontro analisado (ID MAP). Caso for trabalhar com um novo encontro (ID MAP) , sempre renomeie o arquivo "SchoolStas" para que ele não fique com o nome do encontro anterior e acabe salvando o novo encontro em cima.**

ex:

SchoolStats_S.frontalis_PMC_1_A23.csv

SchoolStats_S.frontalis_PMC_1_A50.csv

SchoolStats_S.frontalis_PMC_2_A89.csv

Se já estiver trabalhando com o ROCCA anteriormente, o PG irá perguntar se deseja continuar trabalhando com o arquivo " SchoolStats " que estava trabalhando anteriormente. Você tem a opção de apagar o arquivo anterior ("Overwrite") e trabalhar com um novo arquivo ou carregar o arquivo que estava sendo usado anteriormente ("Load File") .

Vc deve selecionar "Load File"

Outras configurações em "ROCCA parameters" :

Source Data: "Use FFT source"

Countours/Classifier: selecionar o classificador (pasta de Arquivo de Programas - PAMGUARD, arquivo **Manual_RF_2stage.model**)

File Template: digite "%f"

Notes: Inclua "Encounter ID" (Campanha e ID MAP, ex :PMC_2_A5) , Cruise ID (número da campanha, ex: PMC_2) , "known species" (nome da espécie) e "Geographic Location" (Bacia de Santos)

Para carregar os assovios no ROCCA:

Selecione o clipe de áudio. Vá em "Settings" - > "Sound Acquisition"

Data source Type: "**Audio file"**

"Select File": Escolha o clipe de áudio a ser incluído na análise (selecionado previamente através de amostragem randômica) e clique "Ok".

Clique no círculo vermelho ("Start PAM processing") e o espectrograma do clipe de áudio será carregado.

Clique com o botão direito do mouse no espectrograma e vá em "Settings"

Escolha os parâmetros do espectrograma (escala, cor e tamanho da janela "window length ") de sua preferência (que melhor permita a visualização do assovio).

Em "**Mark Observers**": o ROCCA deve estar selecionado.

Selecione o assovio do espectrograma arrastando o mouse com o botão direito pressionado e solte, enquadre o assovio com sobras entre o início e o final do sinal.

O PAMGUARD automaticamente abre uma janela do assovio no ROCCA.

Primeiro irá pedir para adicionar o encontro, digite o número da campanha acompanhado do ID MAP:

ex: PMC_1_A25 (o mesmo que foi colocado em "Encounter ID" na configuração).

Regule o zoom, contraste e brilho que melhor possa visualizar o assovio (explore estas funções)

Clique no início e fim do assovio e o programa irá reproduzir um traço do contorno do assovio, caso o traço não reproduza fielmente o contorno do assovio, você pode tentar fazer ajustes (para cima e para baixo do contorno).

Caso o contorno reproduzido esteja muito discrepante, clique em "**Pick Points**" e insira pontos manualmente no contorno do assovio e ao finalizar clique em "**Pick Points**" novamente para que o programa faço o contorno ligando os pontos inseridos.

Caso o contorno esteja satisfatório clique em "**Classify**" e

" **Save as Encounter (nome do encontro)**"

Os dados dos parâmetros extraídos do assovio serão inclusos no arquivo

"**RoccaCountourStats_ espécie**"

Sempre use o mesmo arquivo .csv da espécie para que os dados sejam incluídos na planilha de maneira cumulativa e os resultados da análise de assovios de uma determinada espécie seja armazenada em um único arquivo para todas as analises dos dados do PMC de uma determinada espécie.

Portanto este arquivo acumula os dados de TODAS as amostras de assovios analisadas para uma determinada espécie. Deve ser feito backup diário:

ex: "**RoccaCountourStats_ S.longirostris_ano/mes/dia" , coloque no nome do arquivo a data do backup na ordem ano, mês e dia.**

Importante:

Sempre que for analisar os assovios no ROCCA não deixar a planilha do excell aberta, pois se estiver aberta os dados novos não serão salvos.

Sempre clique em "Save Encounter" após analisar um determinado assovio.

Organização das pastas de análises do ROCCA

Conforme discutido, os clipes de áudio com assovios analisados no ROCCA devem ser copiados e colados na pasta " ROCCA", separados por espécie (ex: *S.bredanensis*) e ID MAP (ex: PMC_4_A21). Na pasta da espécie deverá ser salvo a planilhas de "**RoccaCountourStats**", incluindo os backups com a data que devem ser feitos regularmente (ex: "RoccaCountourStats _S.bredanensis_170322.csv", RoccaCountourStats _S.bredanensis_170328.csv", RoccaCountourStats _S.bredanensis_170402.csv").

No caso das planilhas "**SchoolStats"** estas devem ser colocadas dentro das pastas do ID MAP que pertencem e **(ex: SchoolStats_S.longirostris_PMC_1_A03.csv").**

ANEXO 1 – ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DE ASSOVIOS DE ACORDO COM MANUAL DO PROGRAMA WHALTRAK2.6

Taxa de Ocorrência

1- Apenas um ou dois assovios escutados durante o intervalo de tempo da detecção de cetáceo;

2- Vários assovios escutados mais vezes, entretanto ainda menos do que a metade do intervalo de tempo da detecção;

3- Assovios escutados em pelo menos metade do intervalo de tempo, com períodos ocasionais de ausência de vocalizações;

4- Assovios escutados constantemente ao longo do intervalo de tempo da detecção, com curtos espaços sem vocalizações;

5- Assovios constantes e sobrepostos ao longo do intervalo de tempo da detecção, podendo haver curtos espaços sem vocalizações.

Força do sinal

1- Assovios fracos, que podem ser escutados, mas não aparecem no espectrograma, ou podem ser vistos no espectrograma, mas não podem ser escutados;

2- Assovios podem ser escutados e vistos no espectrograma, porém ainda muito fracos para serem localizados;

3- Assovios são claramente escutados e vistos no espectrograma e podem ser utilizados para a estimativa de ângulos

4- Assovios muito fortes e facilmente identificáveis no espectrograma.

OBJETIVO
Descrever os procedimentos relativos à observação visual em campanhas aéreas do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS.

Controle de Revisões	
Data	**Descrição**
09/09/2016	Documento original
11/10/2016	Revisão ortográfica e gramatical
19/05/2017	Revisão no número de equipamentos da campanha (Tabela 1)

1. Preparação da campanha

Os seguintes equipamentos deverão ser separados e devidamente acomodados para utilização nas campanhas aéreas de observação visual do PMC:

Tabela 1: Lista básica de equipamentos para as campanhas aéreas.

Item	Quantidade
Gravador de voz	5
Clinômetro	4
Relógio digital	4
Fichas de campo	16
Mapa e posições geográficas das linhas de transecção	2
Caneta, lápis, borracha, apontador	2
Guia de identificação de cetáceos	1
GPS	2
Pilhas AA alcalinas	20
Máquina fotográfica Nikon	2
Lente Nikon 70-300	2
Carregador de bateria Nikon	2
Cartão de memória SD (64 GB)	2
Cabo USB/mini-USB	2
Máquina filmadora Go Pro	2
Carregador de bateria Go Pro	2
Cartão de memória micro SD (64 GB)	2
Notebook	4
Fone de ouvido	4
EPIs (vide lista EPIs)	-

2. Coleta de dados

O desenho amostral da campanha aérea seguirá uma malha paralela de linhas de transecção desde Florianópolis/SC até Arraial do Cabo/RJ, contemplando tanto a zona costeira como a oceânica de forma contínua com ângulos perpendiculares em relação à costa (**Figura 1**). Tipicamente, as linhas serão percorridas sequencialmente partindo do sul para o norte da área de estudo. O início da amostragem também poderá ser no norte ou a sequência das linhas poderá ser alterada conforme as condições meteorológicas ou restrições do espaço aéreo.

Em cada decolagem, duas linhas serão percorridas, com sobrevoos que poderão durar de 2,5 a 5,5 horas em esforço, mais deslocamentos operacionais, dependendo do comprimento das linhas percorridas, considerando a velocidade constante da aeronave de 240 km/h e altitude 750 pés.

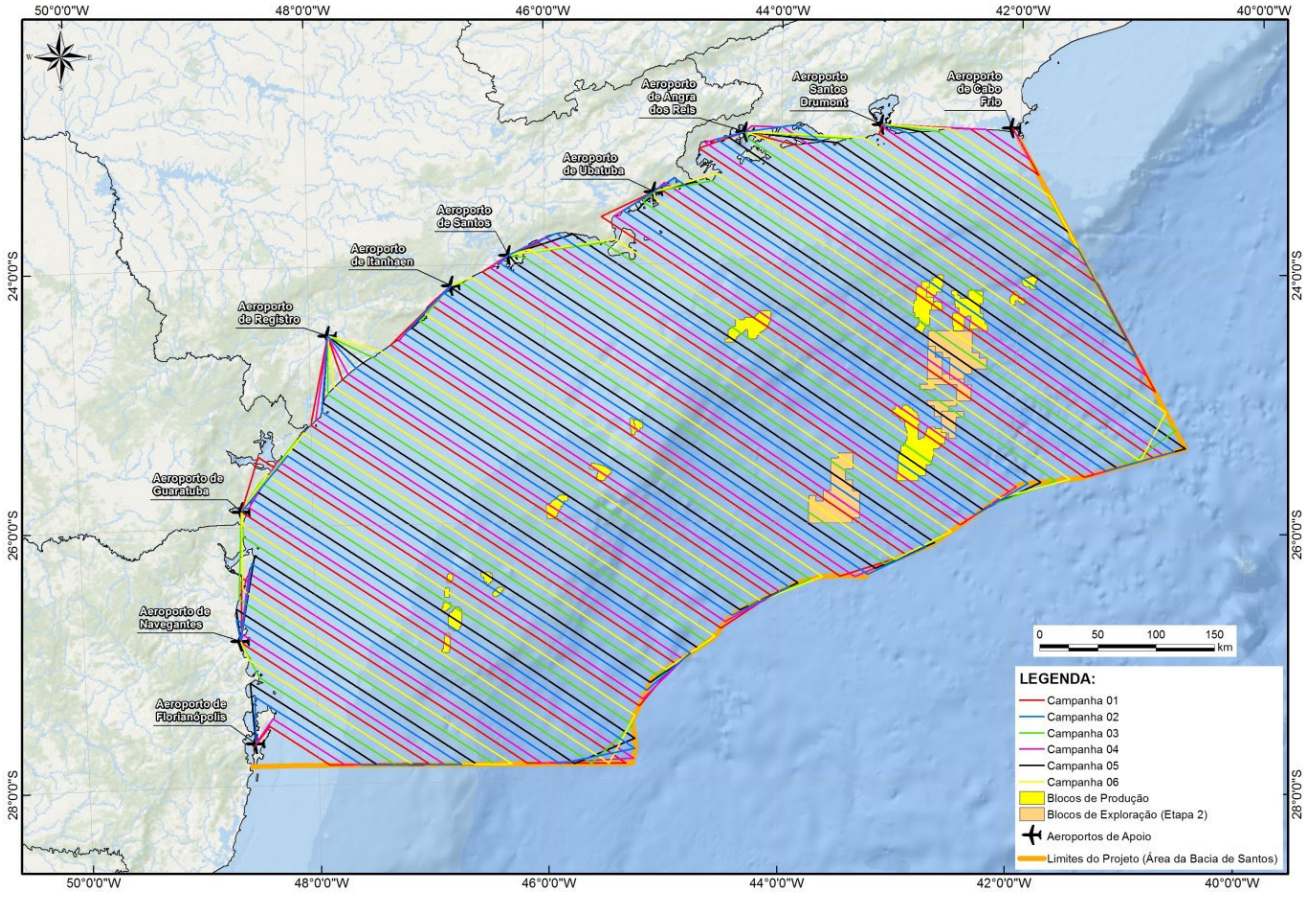


Figura 1: Linhas de transecção planejadas para as seis campanhas de Avistagem Aérea.

A Decisão sobre seguimento e paralização das atividades da campanha dar-se-á sempre antes de cada sobrevoo. O Coordenador da Equipe de Campo e o Comandante da aeronave farão uma **análise técnica de viabilidade do voo**. Esta análise consiste em, antes de cada decolagem, checar diariamente (no dia anterior e horas antes da decolagem) as previsões meteoceanográficas e meteorológicas provenientes de diferentes fontes para a área que será sobrevoada no dia (boletins Oceanop/Climatempo, fornecidos pela Petrobras, informações dos aeroportos e consultas aos sites www.buoyweather.com e www.windyty.com).

Se as condições estiverem dentro dos critérios definidos a seguir, o sobrevoo será realizado conforme planejado. Caso contrário, a amostragem será suspensa até o período/dia seguinte. **A decisão será**

tomada conjuntamente com os coordenadores temático e técnico do PMC. A análise técnica deve contemplar dois aspectos:

a) **Viabilidade técnica da operação da aeronave**: condicionada a condições climáticas que permitam a operação segura da aeronave (decolagem, pouso, sobrevoo), com ausência de fenômenos meteorológicos críticos, tais como frentes frias, formação de Cumulus Nimbus (nuvens com grande desenvolvimento vertical e presença de descargas elétricas), nevoeiro, limitantes de teto, visibilidade e vento, considerando condições tanto para voo como para decologem e pouso nos aeroportos de origem e destino.

b) **Viabilidade técnica associada à metodologia do projeto**: associada basicamente a vento e ondulação (aspectos meteoceanográficas) e ausência de chuva e nevoeiro. Este quesito é mais restritivo que o primeiro, pois considera condições que estão aquém dos limites de operação e segurança da aeronave. **Para garantir a qualidade dos dados, os sobrevoos serão realizados com as seguintes condições:**

(1) para as **áreas costeiras**, os sobrevoos deverão ser realizados com mar igual ou abaixo de **Beaufort 3 (vento entre 7-10 nós)**;

(2) nas **áreas oceânicas,** o estado do mar não deve ultrapassar o nível **Beaufort 4 (vento entre 11-16 nós)**. A condição mais restritiva de mar para a área costeira visa basicamente maximizar as chances de detecção de toninha.

No primeiro caso, **quanto às condições para operação segura da aeronave**, seja para início ou continuidade do voo, a **decisão cabe ao comandante da aeronave**. No segundo caso, a **decisão sobre a viabilidade para execução da metodologia é do Coordenador da Equipe Embarcada**, compartilhada com o Coordenador Temático ou com o Coordenador Técnico do projeto, quando em situação de pré-decolagem, via contato telefônico ou mensagem de texto, caso esses não estejam embarcados. Se **o voo já estiver em curso, a decisão será tomada apenas pelo Coordenador da Equipe Embarcada.** Deverá prevalecer sempre a posição mais conservadora em termos de segurança, pois a segurança e saúde da equipe sempre terá prioridade na tomada de decisões sobre cada decolagem e/ou continuidade do sobrevoo.

Como já mencionado, a decolagem para início da aquisição de dados será definida com base nas consultas de sites de previsões climáticas e meteoceanográficas. Se as previsões se apresentarem favoráveis segundo as condições mencionadas para a amostragem a mesma será iniciada, checando-se ainda as condições no aeroporto do local de decolagem momentos antes da mesma. **Se durante a realização das transecções, em pleno vôo, as condições de tempo mudarem em relação às previsões, isso deverá ser imediatamente anotado**. **Caso essas condições estiverem adversas, em relação aos limites estabelecidos, em mais de um terço da dimensão de uma linha de transecção, o Coordenador da Equipe Embarcada deverá consultar a Coordenação do projeto sobre a necessidade ou não de refazer o determinado trecho**, o que dependerá também do andamento geral da campanha e das previsões climáticas e meteoceanográficas. Os dados eventualmente adquiridos em condições fora dos limites considerados ideais para o método, terão tratamento específico na análise dos dados.

Quatro observadores experientes se revezarão nas posições: dois observadores da janela plana e dois observadores das janelas em bolha (**Figura 2**). A rotação de posições será feita a cada 1 hora de sobrevoo, podendo ocorrer ao longo de uma linha de transecção, sendo que, nesse momento, a transecção será interrompida e será feita uma rotação de 360º, retomando a transecção e esforço amostral em seguida. Durante o deslocamento entre as linhas de transecção, não será realizado esforço amostral. Este tempo deve ser utilizado para descanso da equipe. Durante este tempo, pode ser realizado o *match* ("pareamento") sobre possíveis avistagens duplicadas entre janelas bolha e plana. A posição inicial dos pesquisadores será sorteada no início de cada sobrevoo.

Os dados serão registrados por cada observador independente em um gravador de áudio portátil para transcrição posterior. Será registrado o horário de início e do fim do esforço em dada linha de

transecção, e as condições ambientais com as seguintes variáveis (ver anexos): (a) reflexo no campo visual; (b) cobertura de nuvens; (c) escala de visibilidade; (d) estado do mar na escala Beaufort; e (e) condição de tempo. Sempre que mudar alguma condição, o registro da mudança deverá ser realizado pelos observadores. A avaliação das condições ambientais e meteorológicas deverá ser realizada de forma contínua pelos observadores.

Os observadores procurarão grupos de cetáceos a olho nu e concentrarão o esforço de procura por grupos na linha (frente da aeronave) e próximo da mesma (abaixo da aeronave), "varrendo" periodicamente o horizonte (**Figura 3**). Um grupo será definido como "qualquer agregação em uma mesma área com comportamento coordenado ou não".

Quando uma detecção for feita, o observador registrará a espécie, posição geográfica, hora, tamanho do grupo, presença de filhotes, observador e pista de detecção de acordo com roteiro especificado em ficha de campo padronizada (ver ANEXO I). A pista de detecção corresponde ao evento que levou à detecção do grupo, como por exemplo: salto, borrifo, batida de cauda, corpo submerso, corpo na superfície, nadadeira dorsal, *splash* (jatos de água produzidos por algum comportamento aéreo), etc.

O ângulo vertical será medido no momento em que o grupo estiver perpendicular à aeronave com auxílio de um clinômetro. O ângulo vertical e a altura da aeronave permitirão calcular a distância perpendicular da linha de transecção para cada avistagem. Também serão registradas as atividades antrópicas que forem observadas na área de estudo (p. ex., embarcações, atividades de pesca, plataformas) pelos observadores das janelas bolha. Todos os observadores atuarão de forma independente e não terão contato visual ou acústico com os outros observadores. Todo trajeto será registrado por meio de um GPS, que permitirá posteriormente detectar as posições geográficas das avistagens usando a hora da avistagem.

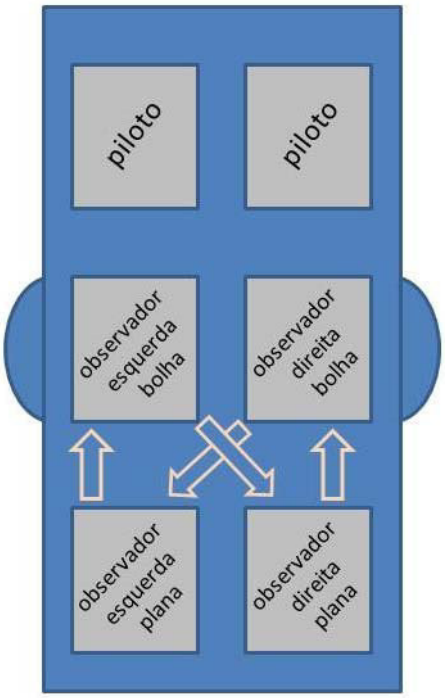


Figura 2: Esquema de revezamento de observadores.

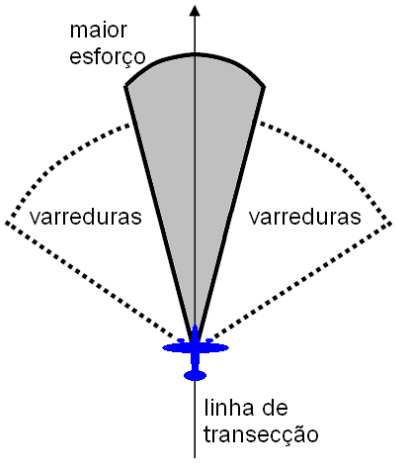


Figura 3: Distribuição do esforço de procura por cetáceos.

Haverá sobreposição dos campos visuais dos dois observadores das janelas bolhas com as janelas planas do mesmo lado. As detecções desde as janelas bolhas serão tratadas separadamente das feitas desde as janelas planas, sendo cada observador independente dos outros.

Os observadores tentarão identificar o grupo ao nível taxonômico mais próximo da espécie, de acordo com as guias de identificação. Sempre que ocorrer uma detecção de cetáceo, os observadores poderão solicitar ao comandante para realizar uma ou no máximo duas manobras de 360º para confirmar registro e espécie. Esta manobra consiste em dar uma volta por boreste ou bombordo voltando por uma linha paralela à linha de transecção, e retomando a linha em um ponto anterior para uma melhor visualização do grupo de cetáceo para a identificação. Esta manobra será realizada somente para grupos observados perto da aeronave (até 500 metros) e quando houver autonomia de combustível, a ser decidido pelo comandante da aeronave.

Sempre que possível serão realizados registros fotográficos da avistagem para auxiliar na confirmação da identificação.

Animais marinhos, como tubarões, tartarugas e raias, também devem ser registrados mediante a detecção.

3. Procedimentos pós-amostragem

Ao final de um dia de sobrevoo, o coordenador da campanha deverá elaborar o Relatório Diário de Ocorrência (RDO) e enviar para a coordenação geral (ver Anexo II).

Os dados do *track* do GPS, coletados durante o dia, serão baixados no computador pelo programa *Trackmacker* ao final da amostragem e salvos no formato ".gtm".

As gravações dos áudios de cada observador deverão ser baixadas e salvas em uma pasta contendo a data no nome. Cada observador deverá transcrever a sua gravação do dia.

As fotografias deverão ser baixadas e salvas em uma pasta contendo a data no nome. Caso exista mais de um fotógrafo, as fotos de diferentes fotógrafos deverão ser salvas em subpastas contendo o nome do fotógrafo.

As baterias de todos os equipamentos (GPS, gravadores, máquinas fotográficas) deverão ser verificadas e recarregadas ou trocadas. O coordenador poderá realizar anotações diariamente sobre condições climáticas, pontos positivos e negativos do trabalho, atividades de SMS, avistagens, problemas enfrentados e soluções e outras que julgar pertinentes.

ANEXO I: MODELO DE FICHA DE CAMPO DA CAMPANHA DE SOBREVOO DE AVISTAGEM

Data:_____ pagina ____de _____

Evento	lat	long	Horário	# transecto	sentido	Ângulo	Espécie	Grupo	Filhotes	Pista	Observador	Janela	Reflexo	Beaufort	Nuvens	Visibilidade	Obs

EVENTO

I	Início da linha de transecção
F	Final da Linha de transecção
A	Avistagem de cetáceo
R	Registro de outras atividades humanas ou fauna
B	Embarcação
P	Embarcação ou petrecho de pesca
M	Mudança de condição de avistagem

Grupo Tamanho de grupo

Pista Pista que levou à detecção
Ex.: Borrifo, dorsal, splash, corpo submerso (sub), corpo na superfície (sup), salto

Janela

BD	Janela bolha do lado direito
BE	Janela bolha do lado esquerdo
PD	Janela plana do lado direito
PE	Janela plana do lado esquerdo

Reflexo Porcentagem de reflexo em cada lado da aeronave
0-100%

Beaufort Estado do mar na escala Beaufort (0-12)

0	Mar espelhado
1	Mar com pequenas rugas
2	Pequena ondulação sem cristas
3	Pequena ondulação (~0,5m), carneiros ocasionais
4	Ondulação de até 1,5m, carneiros frequentes
5	Ondulação de até 2,5m, muitos carneiros

Nuvens Porcentagem de cobertura de nuvens no céu
0-100%

Visibilidade

1	Excelente
2	Boa
3	Ruim
4	Péssima

ANEXO II: MODELO DE RDO

R D O - *Relatório Diário de Ocorrências do PMC-BS*

Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos

2ª Campanha de Avistagem Aérea (Sobrevoo)

(04/04/2016)

PMC-BS

1.	Campanha	**2ª Avistagem Aérea**
2.	Aeronave	Aerocommander 500 (MATRÍCULA PT-KUK) – Operador: Eco Phocus Serviço Aéreo Especializado
3.	Tripulação	Cristiano Camejo e Alexandre Rocha
4.	Data	04/04/2016
5.	Responsável pelo RDO	Leonardo Wedekin
6.	Hora início das atividades de Avistagem	8:32
7.	Hora encerramento Avistagem	12:43
8.	Responsáveis pelas atividades Avistagem	Karina Groch (Coord.); Fernando Silveira; Heloise Pavanato Julião; Mariana Capello Neves
9.	Condições climáticas - início atividades	Tempo aberto; Mar 1; cobertura de nuvens 0%; visibilidade boa
10.	Condições Climáticas - maior parte atividades	Tempo aberto; Mar 2; cobertura de nuvens 0%; visibilidade boa
11.	Condições Climáticas - final atividades	Tempo aberto; Mar 1; cobertura de nuvens 0%; visibilidade boa
12.	Posição inicial no início Avistagem	23,59584°S/45,34545°W
13.	Posição ao final atividades Avistagem	23,76775°S/45,90513°W
14.	Número de registros efetuados	373 (1 grande cetáceo; 1 odontoceto; 67 delphinideos; 3 chachalotes; 12 Tartarugas; 1 tubarões; 3 raias; 2 barcos de pesca; 1 barco pequeno; 18 plataformas; 30 navios)
15.	Número de cetáceos observados	295 indivíduos
16.	Número de grupos observados	13
17.	Espécies identificadas	Delphinideos; Tursiops; Cachalote; Balaenopterideo.
18.	Imprevisto/incidente	-
19.	Procedimento adotado frente imprevisto	-
20.	Comprometimento das atividades	-
21.	Treinamento de SMS efetuado	-
22.	**Observações da Contratada (Socioambiental)**	**Voadas as linhas 21/22 – 23/24**. Decolagem do aeroporto de Ubatuba às 8:20 h. Chegada no Aeroporto de Ubatuba às 13:12h. **Preposto Socioambiental:** _____
1.	**Observação da Contratante (Petrobras)**	**Fiscal Petrobras:** _____

OBJETIVO
Descrever os procedimentos relativos à marcação de cetáceos em campanhas embarcadas do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS.

Controle de Revisões	
Data	**Descrição**
11/10/16	Documento Original
07/06/17	Documento revisado com alterações ao longo do documento

1. Preparação campanha

Os seguintes equipamentos deverão ser separados e devidamente acomodados para utilização nas campanhas de telemetria do PMC:

Tabela 1: Lista básica de equipamentos para as campanhas embarcadas.

Item	Quantidade
Fichas de tentativa de marcação	50
Fichas de esforço de detecção	40
Fichas de gravação	50
Prancheta	3
Lápis, borracha, apontador, estilete, tesoura	-
Alidade / transferidor	2
Guia de identificação de cetáceos	1
GPS	2
Binóculos reticulados (7x50)	3
Binóculos com estabilização de imagem (15x50)	2
Computadores	2
Anemômetro	1
Máquina fotográfica Nikon	2
Lente Nikon 70-300	2
Carregador de bateria Nikon	2
Cartão de memória (64 GB)	2
Cabo USB/mini-USB	2
GoPro	2
Balestra (1 x 120 e 2 x 150 lb)	3
Flechas para biópsia	10
Ponteiras (pequenos e grandes cetáceos)	20
Maleta com equipamento para armazenamento	1

Item	Quantidade
de biópsia	
Botijão com nitrogênio líquido	4
Rifle ARTs RESTECH + peças de reposição	1
Carrier para transmissor implantável	2
Base para LIMPET	10
Flecha para instalação de LIMPET com balestra	6
Transmissor na configuração LIMPET	12*
Transmissor na configuração implantável	10*
Kit para operação dos transmissores (cabo, ímã, manual)	1
DTAG	3
Antena para monitoramento do DTAG	3
Vara de fibra de carbono	1
Gravador digital de ampla frequência	1
Hidrofone com cabo de 10 m	1
Case para equipamento de acústica	1
Maleta com ferramentas para equipamentos de marcação	1
Carregador de pilhas	2
Pilhas AA alcalinas recarregáveis	20
Cartas náuticas	-
Sistema de comunicação de rádio VHF	4
Telefone satelital com carregador e manual	1
Manuais: SMS, Biópsia, Campanha Embarcada	-
Cadeirinhas e mosquetões de duplo bloqueio	4
Capacetes	6
Outros EPIs (ver check list EPIs)	-

* O número de transmissores satelitais poderá sofrer alteração de campanha para campanha, conforme a disponibilidade e época do ano (que determina se a quantidade de grandes baleias será maior ou menor na Bacia de Santos).

Antes do início da campanha os transmissores satelitais deverão ser testados e programados. O teste dos transmissores consiste na ativação dos mesmos em modo '*Deploy*' até que as informações sobre posição geográfica possam ser transmitidas e recebidas via sistema Argos. Considerando o grande número de espécies que potencialmente poderão ser marcadas, serão programadas de três a quatro configurações padrão a serem utilizadas em todas as campanhas, considerando os padrões comportamentais das espécies. Na medida em que os transmissores forem sendo instalados, novos transmissores terão a sua programação atualizada. Diariamente deverão estar disponíveis pelo menos quatro transmissores (dois LIMPETs e dois Implantáveis) programados e prontos para uso.

O treinamento e calibração da arma de ar comprimido utilizando réplicas dos transmissores também deverão ser realizados antes das campanhas. As balestras também devem ser testadas e sua mira calibrada. Idealmente, a calibração deverá ser realizada utilizando os botes infláveis principal e de apoio. Previamente ao embarque as âncoras dos transmissores satelitais deverão ser esterilizadas em autoclave. No caso dos transmissores na configuração implantável estes deverão ser esterilizados utilizando um método químico com gás óxido de etileno que não danifica o equipamento.

2. Coleta de dados

Cruzeiros específicos de marcação serão realizados duas vezes por ano, com duração de 25 dias cada. O desenho amostral seguirá duas rotas em zigue-zague, sendo uma na região oceânica (plataforma continental externa e talude, entre 20 e 2000 metros de profundidade) e outra na região costeira (plataforma interna), abrangendo de Florianópolis/SC a Arraial do Cabo/RJ. Os cruzeiros iniciarão sempre no sul da área de estudo e percorrerão uma rota na ida e a outra na volta. O total de milhas percorridas em esforço de observação poderá variar em função do número de transmissores instalados ao longo da campanha. Cabe destacar que, nas campanhas de telemetria, a prioridade deverá ser dada à marcação dos animais, considerando a área mais ampla possível para a busca, e não o cumprimento de rotas. Dependendo do número de animais marcados ao longo do cruzeiro, a rota prevista poderá ser reduzida a fim de encerrar as atividades dentro do prazo dos 25 dias previstos, pois um procedimento de marcação pode levar horas ou mesmo um dia inteiro até ser concluído.

A bordo do navio deverão estar sempre presentes dois botes infláveis. Um com 6,3 metros de comprimento e motor de popa de 115 Hp. Este será considerado o bote principal, destinado à aproximação dos animais para marcação. O segundo é o bote de apoio, com comprimento de 5 metros e motor de popa de 50 Hp. Ele será destinado a atividades complementares e de apoio ao bote principal, e eventualmente poderá atuar também na marcação e na coleta de biópsias.

Estima-se, dentro de condições propícias de navegabilidade (vento com intensidade menor que 15 nós e ondulação menor que 2 metros), que sejam dedicados cerca de 12 dias para a amostragem de cada região. As rotas serão percorridas em velocidade constante de 8 nós, com esforço de busca sendo realizado de 10 a 12 horas/dia (considerando o fotoperíodo da época em que a campanha será realizada). A equipe poderá ser trocada neste intervalo ou não, dependendo das condições de cada campanha. A troca de equipe, quando houver, será realizada preferencialmente em Niterói/RJ ou em Santos/SP, quando a embarcação também fará o abastecimento de água, víveres e combustível.

O esforço de busca deverá ser mantido enquanto as **condições de mar se mantiverem a um nível máximo de 5 na escala Beaufort (ventos de até 21 nós)**. A amostragem poderá ser paralisada em caso de mau tempo ou condições adversas que comprometam a visibilidade, como chuva persistente, neblina ou nevoeiro.

Existem duas opções para o caso de paralisação da amostragem por mau tempo. Elas dependerão da decisão do comandante e serão deflagradas considerando a segurança dos tripulantes e da embarcação. As opções são: (1) permanência da embarcação no ponto de paralisação da amostragem, ou (2) arribada – busca de abrigo do mau tempo em local mais próximo possível. Além das condições verificadas *in situ*, o comandante terá à disposição previsões meteoceanográficas atualizadas periodicamente. Considera-se aqui como mau tempo ventos com intensidade maior que 21 nós e/ou ondulação maior que 2,5 metros (mar na escala Beaufort maior ou igual a 6).

Em caso de mau tempo momentâneo (período menor que 24 horas), aferidos pelas previsões meteoceanográficas, a embarcação poderá permanecer na região do ponto de paralisação da amostragem e retomá-la assim que as condições se tornarem favoráveis. Em caso de chuva, neblina ou nevoeiro, a embarcação aguardará as condições melhorarem no local. Em caso de mau tempo prolongado (dois ou mais dias), a embarcação poderá retornar para o continente e arribar em local protegido. Assim que as condições se tornarem favoráveis, a embarcação retornará para o ponto de paralisação da amostragem em momento subsequente. **A segurança e saúde da equipe sempre terá prioridade na tomada de decisões sobre abertura ou paralisação da amostragem**.

As campanhas de telemetria consistem de duas fases: (1) fase de busca; e (2) fase de marcação. A fase de busca usa os mesmos métodos das Campanhas de Avistagem Embarcada, descritos no

Procedimento Operacional N° 3 da respectiva campanha. A equipe de telemetria será composta idealmente por nove profissionais. Destes, pelo menos seis serão responsáveis pelo esforço de busca, realizado diariamente para o encontro de cetáceos. A diferença principal se dá após a detecção de algum cetáceo. Sempre que ocorrer uma detecção durante o cruzeiro de telemetria, após a coleta dos dados básicos (que incluem hora, posição geográfica, número de retículos do binóculo e ângulo horizontal), os observadores solicitarão ao comandante a redução da velocidade da embarcação e a mudança de rota para aproximação dos animais. Os observadores tentarão identificar o grupo ao menor nível taxonômico possível utilizando guias de identificação. Sempre que viável serão realizados registros fotográficos do grupo para auxiliar na confirmação da espécie. Depois disso serão utilizados alguns critérios para decidir pela tentativa ou não de marcação, considerando:

- condições meteoceanográficas;

- espécie;

- tamanho do indivíduo;

- presença de filhote;

- comportamento do animal.

A decisão pela marcação ou não de um animal será tomada conjuntamente entre o coordenador de cruzeiro, coordenador de telemetria (quando presente) e responsável pela marcação. A marcação de animais somente será feita em espécies de médio e grande porte, com exceção de *Tursiops truncatus*, *Steno bredanensis, Kogia* spp. e *Feresa attenuata*, espécies para as quais existem estudos pretéritos indicando a viabilidade no uso dos transmissores LIMPET (ver **Tabela 1**). Animais acompanhados de filhotes pequenos não serão marcados, assim como animais muito jovens. Animais com comportamento muito esquivo também não serão marcados.

Tabela 1: Relação de espécies que potencialmente poderão ser marcadas no âmbito do PMC indicando a configuração a ser utilizada para cada espécie.

Configuração	Espécie	Sistema de fixação	Método
LIMPET	*Orcinus orca*	Âncora de 6 pétalas	Rifle de ar comprimido ou balestra (mínimo de 150 bar de pressão)
	Pseudorca crassidens	Âncora de 6 pétalas	
	Globicephala macrorhynchus	Âncora de 6 pétalas	
	G. melas	Âncora de 6 pétalas	
	Grampus griseus	Âncora de 3 pétalas	
	Feresa attenuata	Âncora de 3 pétalas	
	Peponocephala electra	Âncora de 3 pétalas	
	Tursiops truncatus	Âncora de 3 pétalas	
	Steno bredanensis	Âncora de 3 pétalas	
	Physeter macrocephalus	Âncora de 6 pétalas	
	Kogia simas	Âncora de 3 pétalas	
	K. breviceps	Âncora de 3 pétalas	
	Ziphiidae	Âncora de 6 pétalas	
	Balaenoptera musculus	Âncora de 6 pétalas	
	B. physalus	Âncora de 6 pétalas	
	B. borealis	Âncora de 6 pétalas	
	B. edeni	Âncora de 6 pétalas	
	B. acutorostrata	Âncora de 6 pétalas	
	B. bonaerensis	Âncora de 6 pétalas	
	Megaptera novaengliae	Âncora de 6 pétalas	
Implantável - para animais maiores que 11 metros de	*Eubalaena australis*	--	Rifle de ar comprimido
	Balaenoptera musculus	--	
	B. physalus	--	
	B. borealis	--	
	B. edeni	--	

Configuração	Espécie	Sistema de fixação	Método
comprimento	*Megaptera novaengliae*	--	
DTAG	*Orcinus orca* *Pseudorca crassidens* *Globicephala macrorhynchus* *G. melas* *Grampus griseus* *Peponocephala electra* *Physeter macrocephalus* *Kogia simas* *K. breviceps* *Balaenoptera musculus* *B. physalus* *B. borealis* *B. edeni* *B. acutorostrata* *B. bonaerensis* *Megaptera novaengliae* *Eubalaena australis* Ziphiidae	Ventosas de borracha de silicone	Vara de fibra de carbono com 5 metros ou rifle de ar comprimido

Três tipos de transmissores serão utilizados: (1) transmissor satelital implantável com âncora de três pétalas; (2) transmissor satelital LIMPET com duas âncoras de três ou seis pétalas; e (3) tags para registro acústico digital (preferencialmente DTAG) com fixação com ventosas de borracha de silicone. Os transmissores satelitais serão do modelo SPLASH da Wildlife Computers que, além da posição, permitem registrar também dados de profundidade e duração de mergulho. Após o manuseio de um transmissor sem que tenha ocorrido sua instalação, este preferencialmente não deverá ser utilizado novamente na mesma campanha por questões de esterilização.

A definição das espécies-alvo terá como base informações pré-existentes, que poderão ser modificadas ao longo do desenvolvimento do trabalho em função das informações que serão aportadas. A escolha de espécies-alvo visa otimizar o esforço de campo, planejar as configurações que serão utilizadas e planejar o roteiro dos cruzeiros.

Havendo a decisão por realizar uma tentativa de marcação, os dois botes (bote principal e bote de apoio) serão lançados ao mar. **A condição limite para lançamento dos botes é de estado do mar no nível 3 da Escala Beaufort**. A equipe será mobilizada da seguinte forma:

- **Bote principal**: piloto, fotógrafo, responsável pela biópsia e responsável pela marcação.

Esta equipe se aproximará do animal para instalar o tag, coletar biópsia e fotografar o indivíduo marcado; pelo menos um membro deverá estar equipado com uma GoPro fixa no capacete, que deverá filmar todo o procedimento.

- **Bote de apoio**: piloto, fotógrafo/biópsia secundária.

Esta equipe se manterá próxima, poderá realizar fotos complementares e/ou coleta complementar de biópsia de outros indivíduos do grupo; será responsável pela imediata recuperação da biópsia para transporte ao navio onde será feito o armazenamento no menor tempo possível (seguindo o protocolo de biomarcadores).

- **Navio**: todos os observadores disponíveis no navio.

Esta equipe se manterá no tijupá para monitorar a movimentação dos animais e orientar as equipes dos botes; poderá realizar fotos complementares e deverá preencher a ficha de tentativa de marcação (ANEXO 1), mantendo contato com a equipe do bote de apoio para a obtenção de informações. A ficha de tentativa de marcação inclui também o registro de informações relativas ao comportamento do animal antes e após a marcação.

Todos os profissionais que estiverem nos botes **deverão utilizar EPI apropriado** (que inclui: calçado fechado, colete salva-vidas, capacete e outros itens de proteção solar e impermeáveis). Em condições adversas do mar para a descida dos botes, e quando as características da espécie permitirem (incluindo aspectos comportamentais), a marcação poderá ser feita em caráter excepcional da proa do navio.

A marcação dos animais deverá ser realizada sempre a uma distância ideal (entre 2 a 10 metros) da lateral do animal, mantendo uma distância mínima para a segurança do bote inflável (especialmente para animais maiores que 3 metros de comprimento) e mantendo uma distância máxima para aumentar a precisão do tiro. No caso dos transmissores na configuração implantável, o tag deverá ser instalado na região dorsal, perto da nadadeira dorsal. Estes transmissores serão instalados utilizando o sistema ARTS, composto de um rifle de pressão regulável adaptado da marca Restech. Os transmissores na configuração LIMPET serão instalados na nadadeira dorsal dos animais, utilizando o rifle de pressão ARTS ou DanInject, ou uma balestra com pressão de 150 lb para esta operação. Os DTAGs serão instalados utilizando uma vara de fibra de carbono com 5 metros de comprimento ou o rifle ARTS.

No caso dos DTAGs, a decisão sobre o seu uso dependerá do comportamento do animal, das condições do mar e também do horário em que o animal foi detectado. Preferencialmente os DTAGs deverão ser programados para se soltar do animal até 17 horas, quando ainda houver luz do dia para um recuperação do transmissor com segurança. É possível que seja utilizado tanto o transmissor satelital como o DTAG num mesmo animal. O acompanhamento do animal marcado é feito durante todo o período em que o DTAG permanecer fixado. A antena VHF recebe sinais emitidos pelo DTAG sempre que o animal vier à superfície, evitando a perda do contato visual com o animal. Este acompanhamento poderá ser feito de um dos botes ou do navio, mantendo uma distância de 100 a 300 metros. Durante o acompanhamento do indivíduo marcado, a posição e a orientação do DTAG no corpo do animal serão documentadas, quando possível, por fotografias.

Independentemente da tentativa de marcação dos animais, os registros fotográficos sempre começarão no navio para documentar as espécies e seus aspectos comportamentais, assim como para contribuir com o subprojeto de Fotoidentificação. Da mesma forma, se as condições permitirem, serão feitos registros acústicos das espécies para contribuir com a construção da Sonoteca, inserida no Subprojeto de Acústica do PMC. O navio ou o bote de apoio também serão usados na coleta de biópsias oportunísticas, sempre buscando a obtenção de amostras de todas as espécies registradas. Sempre que possível, serão obtidas imagens utilizando a câmara GoPro.

Além de grupos de cetáceos, atividades humanas, como embarcações de diferentes tipos, atividades de pesca (petrecho ou embarcação) e plataformas de petróleo, também serão registradas. Sempre que os observadores detectarem algum obstáculo na rota do barco (como um petrecho de pesca), os mesmos deverão avisar imediatamente ao comandante da embarcação. Animais marinhos, como tubarões, tartarugas e raias, também devem ser registrados mediante a detecção.

3. Procedimentos pós-amostragem

Ao final da amostragem, todos os equipamentos deverão ser limpos com solução de álcool 50% e uma flanela no corpo dos binóculos, lentes e câmeras. As lentes deverão ser limpas com solução apropriada especial para lentes e pano de algodão limpo.

O coordenador da campanha deverá enviar os dados necessários via Autotrac para que o Relatório Diário de Ocorrência (RDO) seja elaborado pela equipe em terra (ver dados em ANEXO 2).

Os dados do *track* do GPS coletados durante o dia serão transferidos para o computador pelo programa *Trackmacker* ao final da amostragem e salvos no formato ".gtm".

Os dados do DTAG deverão ser transferidos para o computador para posterior análise.

As fotografias também deverão ser transferidas para o computador diariamente numa pasta nomeada com a data das fotos, que serão separadas por encontros. Caso haja mais de um fotógrafo, as fotos deverão ser salvas em subpastas separadas contendo o nome do fotógrafo.

As imagens gravadas com a GoPro serão transferidas para o computador diariamente.

As fichas de campo (esforço de busca e tentativa de marcação) deverão ser conferidas para verificação de erros e/ou informações faltantes e os dados tabulados diariamente.

Diariamente deverá ser feito um backup em disco rígido de todos os dados.

ANEXO 1: FICHA DE TENTATIVA DE MARCAÇÃO

COLETA DE DADOS DURANTE PROCEDIMENTO DE MARCAÇÃO DE CETÁCEOS

LOCALIZAÇÃO

DATA:_____ HORÁRIO:_____

Latitude:_____Longitude:_____WP:_____

ESPÉCIE:_____

NÚMERO DE ADULTOS ( ) NÚMERO DE FILHOTES ( )

ESPÉCIE:_____

NÚMERO DE ADULTOS ( ) NÚMERO DE FILHOTES ( )

ESPÉCIE:_____

NÚMERO DE ADULTOS ( ) NÚMERO DE FILHOTES ( )

COMPORTAMENTO:_____

_____

BEAUFORT:_____ COBERTURA DE NUVENS _____

MARCAÇÃO

INÍCIO DA PERSEGUIÇÃO:_____ HORÁRIO DE MARCAÇÃO:_____

Latitude:_____Longitude:_____WP:_____

REAÇÃO AO TAG:_____

_____

_____

FIM DA PERSEGUIÇÃO:_____ MARCAÇÃO COM SUCESSO: SIM ( ) NÃO ( )

OBS:_____

TAMANHO ESTIMADO DO INDIVÍDUO (m): _____

(Obs.: Preferencialmente a mesma pessoa do bote principal estimará sempre)

EQUIPAMENTO DE MARCAÇÃO: ARMA ( ) VARA ( ) BALESTRA ( )

GRAU DE PENETRAÇÃO:_____PRESSÃO UTILIZADA:_____

SISTEMA DE ANCORAGEM: TUBE ( ) LIMPET ( ) D-TAG ( )

MODELO DO TRANSMISSOR:_____

NÚMERO DE SÉRIE:_____ PTT:_____ SETUP:

_____ TAGEADOR:_____

PILOTO:_____EMBARCAÇÃO:_____

BARCO DE APOIO: SIM ( ) NÃO ( )

BIÓPSIA DO ANIMAL TAGUEADO: ( ) SIM N°: _____ NÃO ( )

DEMAIS BIÓPSIAS: SIM ( ) QUANTAS: _____ N°:_____NÃO ( )

ATIRADOR:_____ MANIPULADOR_____

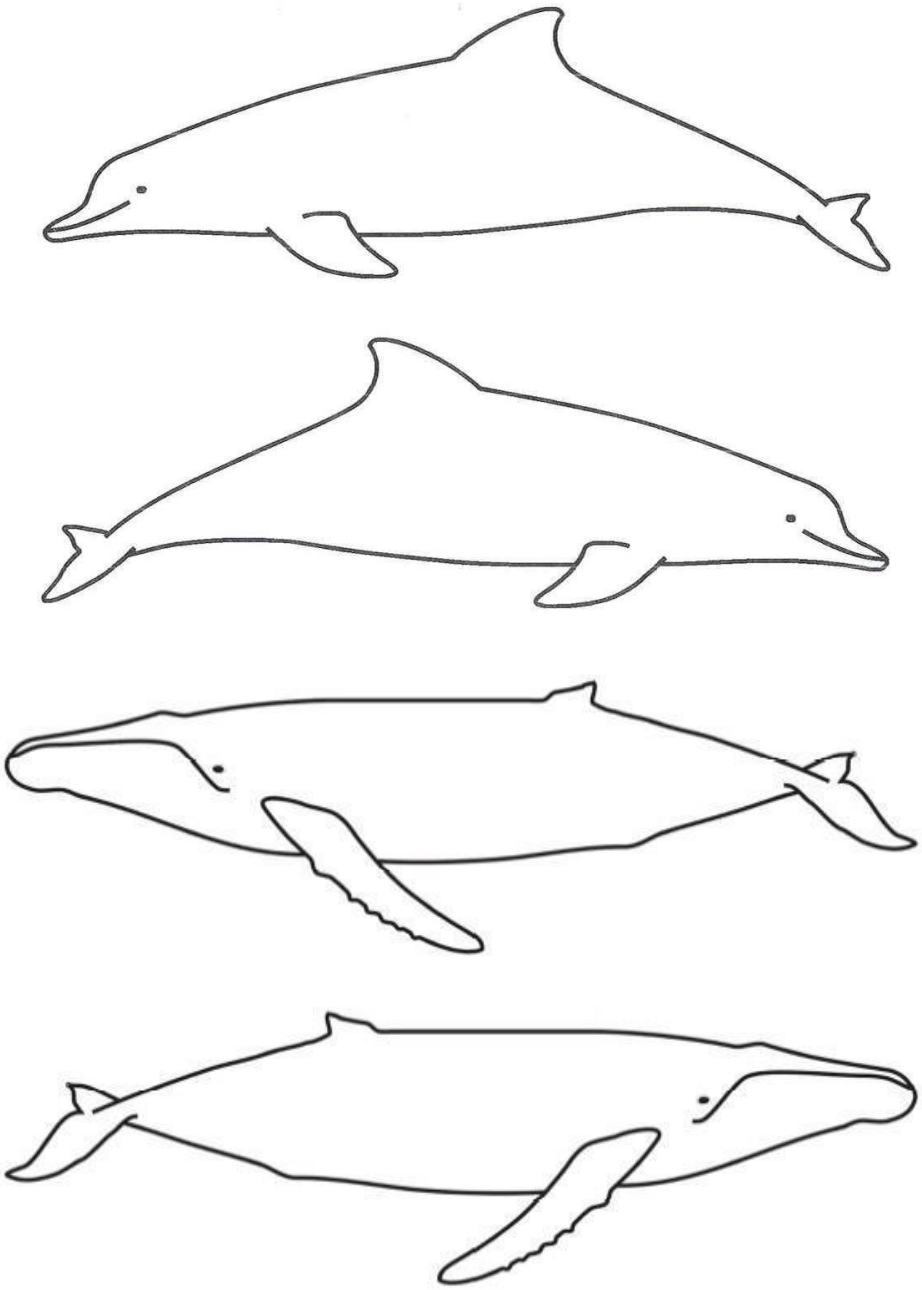
FOTOS GERAIS: SIM ( ) NÃO ( ) FOTO-ID: SIM ( ) NÃO ( )

FOTÓGRAFOS:_____

ACÚSTICA: SIM ( ) NÃO ( ) RESPONSÁVEL:_____

RESPONSÁVEL PELO REGISTRO DE DADOS:_____

LOCAL DA MARCAÇÃO: DIREITA ( ) ESQUERDA ( ) DORSO ( )



ANEXO 2: MODELO DE RELATÓRIO DIÁRIO DE OCORRÊNCIA (RDO)

R D O - ***Relatório Diário de Ocorrências do PMC-BS***

Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos

2ª Campanha de Telemetria

(20/08/2016)

1.	Campanha:	**Segunda de Telemetria**
2.	Data:	**20/08/2016 (11°/25)**
3.	Responsável pelo RDO	Clarêncio Baracho
4.	Embarcação / Comandante	***SEA ROUTE*** / *Fábio da Costa Gomes*
5.	Equipe:	Clarêncio Baracho (Coord.); Lars Kleivane (Tageador); Eva Hartvig (DTag); Ana Alves; Beatriz Schulze; Luiz Cláudio Alves; Renan Paitach; Uilson
6.	Hora de início das atividades	6:40
7.	Hora de encerramento das atividades	17:30
8.	Condições climáticas - início das atividades	Mar 4, Vento NE, Onda 3 m, Visibilidade ruim, Tempo parcialmente nublado
9.	Condições climáticas - maior parte atividades	IDEM 8
10.	Condições climáticas - fim das atividades	Mar 3, Vento NE, Onda 3 m, Visibilidade boa, Tempo parcialmente nublado
11.	Posição inicial - início atividades	-22,95856/-42,28007
12.	Posição final - fim atividades	-23,03383/-41,95631
13.	Número de Avistagens de cetáceos	5 detecções
14.	Número de indivíduos avistados	6 indivíduos
15.	Espécies identificadas	1 (*Megaptera novaeangliae*)
16.	Número de abordagens efetuadas	3 (*M. novaeangliae*)
17.	Transmissores implantados (tipo e espécies)	1 tag satelital implantável em *M. novaeangliae*
18.	Nº de procedimentos de Foto-Id. (espécies)	1 (*M. novaeangliae*)
19.	Número de biópsias efetuadas (espécies)	2 (*M. novaeangliae*)
20.	Imprevisto/incidente	-
21.	Medidas de Contorno	-
22.	Comprometimento das atividades	-
23.	Treinamento de SMS efetuado (tipo)	DDSMS (Cuidados em mar bravo) e Simulado (Abandono da embarcação)
24.	**Observações da Contratada (Socioambiental)**	Procedimento de marcação realizado da embarcação *Sea Route*. Amostragem paralisada entre 14 e 15h por causa de chuva **Preposto Socioambiental: _____**
25.	**Observação da Contratante (Petrobras)**	**Fiscal Petrobras: _____**

OBJETIVO
Descrever os procedimentos relativos ao processamento de dados de Foto-identificação do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS.

Controle de Revisões	
Data	**Descrição**
18/09/2016	Versão Original
22/05/2017	1º revisão

1. Descrição do fluxo de dados e armazenamento

Após o término de cada campanha de Avistagem/MAP ou Telemetria, um HD externo com todos os registros fotográficos será recebido na sede da SOCIOAMBIENTAL e seus arquivos em JPEG serão repassados para dois computadores do Laboratório de Mamíferos Aquáticos (LAMAQ), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), exclusivamente preparados para o trabalho de **triagem**, **catalogação** e **processamento dos dados.** Adicionalmente, os arquivos RAW serão copiados para dois HDs externos que ficarão como backup do acervo fotográfico no Laboratório.

Em um primeiro procedimento, ainda na sede da empresa, todos os arquivos digitais serão separados por campanha, dia, fotógrafo e espécie. Assim, cada campanha deve ser armazenada em pastas distintas, sendo que dentro destas tem-se subpastas de cada dia com coleta de registros de foto-identificação. Em subpastas de cada dia, tem-se as pastas com os registros que cada fotógrafo fez para cada espécie avistada.

Em Laboratório, antes de começar o procedimento de análise, deve ser realizada uma quantificação do número total (e quantos GBs em JPEG) de registros fotográficos que foram feitos por campanha, e uma verificação da coerência entre os registros fotográficos diários de cada espécie (subpastas) com as informações apresentadas em planilha de Excel que sintetiza os dados registrados em campo (data, hora, observador espécie, posição geográfica, tamanho de grupo e etc.).

2. Responsabilidades

O coordenador dos procedimentos de Foto-identificação (Fábio G. Daura Jorge – UFSC) será responsável pelo armazenamento, gestão e processamento de dados. Para isso, o mesmo deve oferecer a estrutura laboratorial, além de treinar e coordenar a equipe que contribuirá com os procedimentos analíticos. O coordenador deve ainda participar ativamente das etapas de processamento, vistoriando e conferindo todas as atividades realizadas, bem como analisando, discutindo, interpretando os resultados alcançados para a confecção dos relatórios previstos.

As atividades de coordenação serão realizadas no Laboratório de Mamíferos Aquáticos (LAMAQ), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado em Florianópolis. O LAMAQ disponibiliza de

dois computadores exclusivamente direcionados para as atividades do PMC, acomodados em estações de trabalho adequadas. Além do coordenador, o processamento de dados deverá ser realizado por dois estagiários bolsistas, e receberá a colaboração de um estagiário voluntário em treinamento.

3. Descrição dos procedimentos e etapas do processamento de dados

Para um acompanhamento sistemático do andamento dos procedimentos de análise das fotos, o número de dias trabalhados deve ser registrado e posteriormente quantificado por campanha. Adicionalmente, nos Relatórios Mensais de Acompanhamento, deve ser apresentada a porcentagem dos registros fotográficos analisados em cada etapa de procedimentos.

Como rotina de análise das fotos, define-se três rodadas (etapas): uma primeira rodada de triagem; uma segunda de catalogação; e uma última de processamento de identificação. Segue descrição:

- ETAPA 1 – Triagem: é o processo de classificação de cada registro fotográfico quanto à qualidade (ângulo, luminosidade, foco e distância) e se é ou não utilizável como registro de foto-identificação. Como critério de qualidade, define-se as seguintes categorias (Ver ANEXO I): (A) excelente – registro passivo de catalogação e reconhecimento com segurança; (B+) boa – registro passivo de reconhecimento com segurança, porém catalogação sem segurança; (B-) razoável – registro passivo de reconhecimento sem segurança; (C) ruim – registro não utilizável para foto-identificação; e (D) nulo – registros aleatórios aparentemente não realizado como registro de foto-identificação. A triagem deve ser realizada no visualizador de fotos do Windows e cada foto é classificada diretamente no Windows Explorer, de forma que cada arquivo receba sua categoria de qualidade como um Metadado.

- ETAPA 2 – Catalogação: é o processo de revisitar todos os arquivos fotográficos, classificados no procedimento de Triagem, como (A) e (B+), para a inclusão dos registros de novos indivíduos (ainda não catalogados), em catálogo de referência. Nesta etapa de catalogação, as fotos selecionadas devem ser cuidadosamente comparadas com as fotos pré-existentes no catálogo de referência (do PMC). A comparação se dá pela observação de marcas naturais de longa duração, como cortes, mutilações, arranhões profundos, deformidades e lesões epidérmicas, ou padrões de pigmentação. Dependendo da espécie, o foco pode ser a nadadeira dorsal ou a nadadeira caudal. Marcas de curta duração não devem ser consideradas para inclusão de um registro no catálogo de referência. Cada novo indivíduo catalogado, recebe um número exclusivo de identificação. Os catálogos de referência deverão ser elaborados por espécie, no entanto, o procedimento de triagem e catalogação inicial devem ocorrer por ordem cronológica de ocorrência dos registros.

- ETAPA 3 – Processamento de identificação: é o processo de revisitar cada registro fotográfico em uma terceira rodada. Neste momento, todos os registros de qualidade (A), (B+) e (B-) devem ser comparados com os catálogos de referência já montados, por espécie, para a busca por correspondentes, ou seja, para identificação dos indivíduos. Em caso de identificação positiva, o número do indivíduo catalogado deve ser vinculado ao registro fotográfico em análise. Em caso de não reconhecimento com os indivíduos catalogados, e quando a qualidade da foto não permite a catalogação de um novo indivíduo, o registro em análise deve ser classificado como não identificado (NI). Este processamento em busca de correspondentes deve ser repetido três vezes, para todas as fotos, e pelo menos uma vez por um observador diferente. Desta forma, todos os registros fotográficos, totalizando as etapas anteriores, serão avaliados ao menos 5 vezes.

Todas as informações procedentes do processo de Triagem, Catalogação e Processamento de Identificação devem ser acomodadas na Matriz de Dados com a organização apresentada no item 4. Para acompanhamento da efetividade do processo, deve ser monitorado o número de registros fotográficos por espécie e a porcentagem de registros utilizados (qualidade A, B+ ou B-). Para o acompanhamento da evolução do catálogo de referência, deve ser monitorado o número de indivíduos em cada catálogo por espécie. Para as espécies com reconhecimento de indivíduos já catalogados, deve ser elaborado históricos de captura e mapas de distribuição com os registros por indivíduos. Após todos estes procedimentos, uma etapa adicional será realizada para o monitoramento de lesões epidérmicas:

- ETAPA 4 – Triagem de lesões epidérmicas: no processo de triagem da ETAPA 1, todos os registros fotográficos com identificação de uma lesão epidérmica (ou qualquer outra alteração da condição corporal), deve receber uma informação, como Metadado do arquivo, para posterior quantificação e avaliação de prevalências por espécies. Cada registro fotográfico com lesão será copiado para pastas específicas por espécie. As lesões mais predominantes devem ser analisadas qualitativamente para se sugerir possíveis causas.

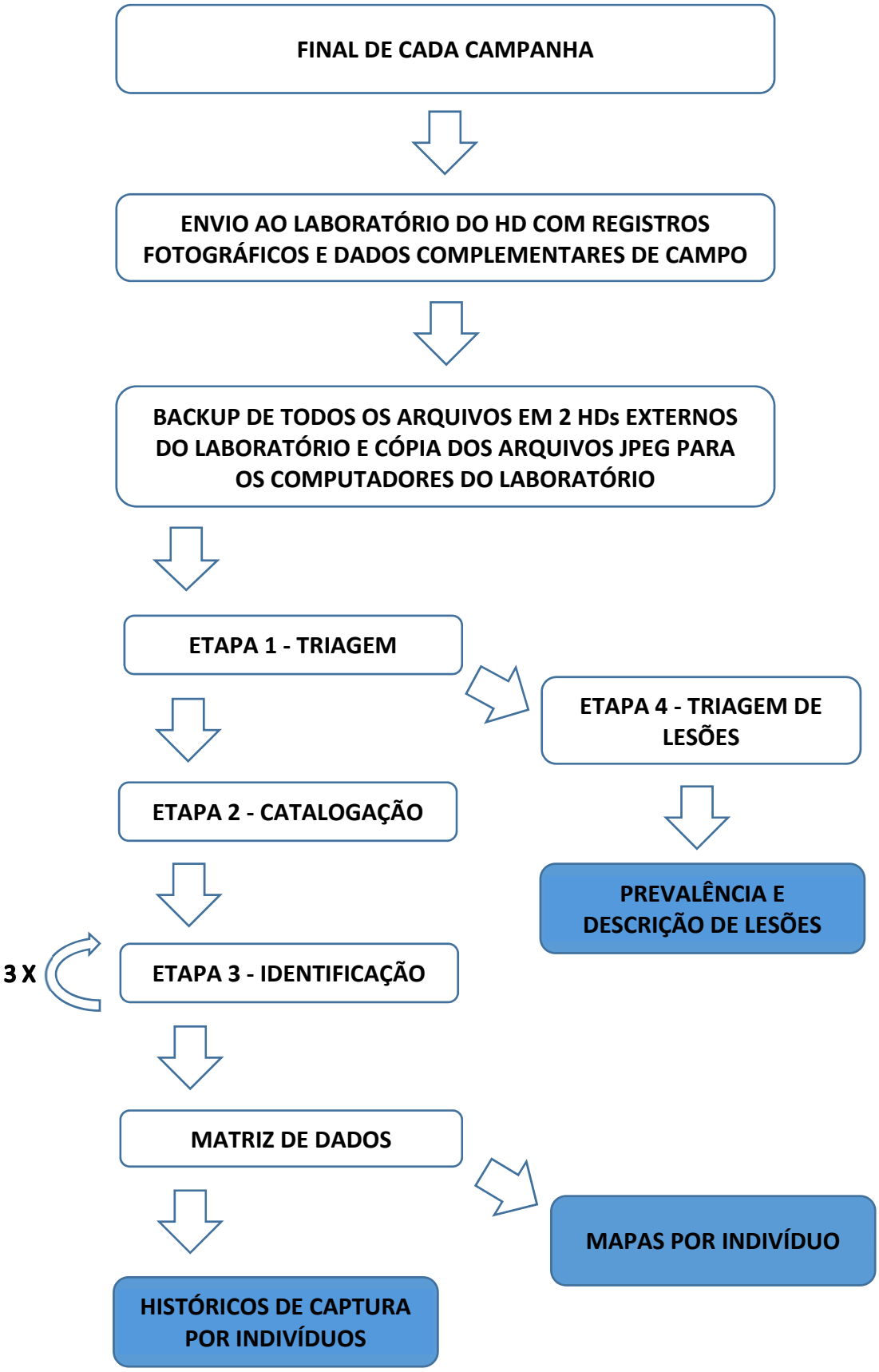
4. Descrição da Planilha do Excel (Matriz de Dados) com sumário dos dados

O arquivo digital a ser disponibilizado em Excel que compõe a Matriz de Dados deve estar composto por 12 planilhas, sendo uma para cada espécie registrada em campo. Em cada planilha, as linhas representam cada registro fotográfico (classificado como registro de foto-identificação, de qualidade A, B+ e B-) de um indivíduo e 26 colunas com as seguintes informações:

(1) Campanha – Se o registro ocorreu em uma campanha de Avistagem e MAP ou de Telemetria;
(2) Número da campanha – Qual o número da campanha de Avistagem e MAP ou de Telemetria, em relação ao projeto global, que o registro ocorreu;
(3) Dia; (4) mês; (5) ano – Data do registro (dia, mês e ano foram separados em colunas individuais para facilitação de filtros posteriores);
(6) Transecto – Para as campanhas de Avistagem e MAP, em qual transecto o registro ocorreu;
(7) Número da avistagem – Dentro de cada campanha, qual o número da avistagem que o registro ocorreu;
(8) Identificação taxonômica – Qual espécie de cada registro;
(9) Tamanho do grupo – Quantos indivíduos foram contados em campo no grupo avistado em que o registro ocorreu;
(10) Número de filhotes – Quantos filhotes foram contados em campo no grupo avistado em que o registro ocorreu;
(11) Latitude – Latitude de ocorrência do registro em graus decimais;
(12) Longitude – Longitude de ocorrência do registro em graus decimais;
(13) Número da foto – Número de cada foto (se mais de um indivíduo era registrado em uma foto, o número da foto repetia em linhas posteriores)
(14) Hora; (15) minuto – Horário de cada registro fotográfico (hora e minuto separados em colunas individuais para facilitação de filtros posteriores)
(16) Fotógrafo – Fotógrafo que fez o registro em campo;

(17) Qualidade – Classificação de cada foto quanto aos critérios de qualidade apresentados acima (A, B+, B-, C, D);
(18) Lesões epidérmicas – Presença (1) ou ausência (0) de lesões epidérmicas;
(19) Mutilações – Presença (1) ou ausência (0) de mutilações;
(20) Catalogação – Se a foto foi (1) ou não (0) incluída em um catálogo de referência;
(21) Filhotes – Presença (1) ou ausência (0) de filhote na foto;
(22) Identificação do indivíduo – Numeração do indivíduo identificado com base no catálogo de referência;
(23) Biopsia – Se a foto é (1) ou não (0) de um indivíduo/procedimento de coleta de biopsia;
(24) *Tags* – Se a foto é (1) ou não (0) de um indivíduo/procedimento de coleta de marcação;
(25) Lado da foto – Se a foto foi do lado direito (D) ou esquerdo (E);
(26) Observações – Comentários gerais sobre a foto e outros detalhes.

FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DOS DADOS MAP



ANEXO 1 – EXEMPLO DA CLASSIFICAÇÃO DE FOTOS POR QUALIDADE

Qualidade A

Qualidade B+

Qualidade B-

Qualidade C

OBJETIVO
Descrever os procedimentos relativos ao processamento das amostras para as análises genéticas do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos - PMC-BS.

Controle de Revisões	
Data	**Descrição**
04/10/2016	Versão Original
17/05/2017	Alteração derivada da revisão e inclusão de dois locos de microssatélites

1. Descrição do envio das amostras para o laboratório

As amostras de biópsia coletadas nas campanhas de Avistagem/MAP e Telemetria, fracionadas para as análises genéticas, serão acondicionadas de acordo com o procedimento operacional (Anexo Procedimento Operacional n° 02). Quando um número mínimo de 50 amostras for alcançado, todo o material biológico separado para as análises genéticas será enviado (ver Anexo Procedimento Operacional n° 02) da sede da SOCIOAMBIENTAL, junto com o documento de custódia, para o Laboratório de Biologia Genômica e Molecular da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), em Porto Alegre.

As amostras serão recebidas no laboratório pelo responsável técnico, com assinatura de termo de responsabilidade em cadeia de custódia das amostras, e antes de serem acondicionadas no freezer, será realizada a verificação do número de amostras e das informações apresentadas na planilha de Excel que reúne os dados das fichas de biópsia (data, hora, espécie, posição geográfica, tamanho e composição de grupo, e reação à biópsia).

2. Responsabilidades

O responsável técnico pelas análises genéticas realizadas no laboratório (Sandro L. Bonatto - PUCRS) será responsável pelo armazenamento, gestão e processamento das amostras. Para isso, o mesmo deve oferecer a estrutura laboratorial, além de coordenar o técnico de bancada que fará que as análises laboratoriais. O responsável técnico deve ainda vistoriar e conferir todas as atividades realizadas, bem como analisar os resultados e confeccionar os laudos técnicos das análises genéticas das biópsias.

O Laboratório de Biologia Genômica e Molecular possui toda a infraestrutura e os equipamentos (freezers, balanças, vidrarias, microtubos, banho-maria, banho com agitador, centrífugas, pipetas, ponteiras, placas de PCR, termocicladores, cubas de eletroforese, micro-ondas, computadores e impressora) necessários para a realização da primeira parte (extração de DNA, PCR, verificação em gel e purificação) da metodologia de genética molecular. Posteriormente, os produtos de PCR serão enviados para sequenciamento e genotipagem (segunda parte) na Macrogen Inc., Seul, Coreia do Sul. O processamento das amostras de baleia-jubarte será realizado no mesmo laboratório, mas o pirosequenciamento dos genes para determinação da idade das jubartes será realizado no Núcleo de

Sequenciamento de DNA no Centro de Investigação Translacional em Oncologia (CTO) do Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP), que pertence à Faculdade de Medicina da USP.

O coordenador temático de genética (Ana Lúcia Cypriano de Souza) será responsável pela padronização dos protocolos, pelas análises das sequências de DNA e dos alelos dos locos de microssatélites, pelas análises dos resultados dos laudos técnicos, e na elaboração da parte genética nos relatórios mensais, anuais e consolidado do PMC-BS.

3. Descrição das etapas do processamento das amostras

A porcentagem das amostras e marcadores analisados em cada etapa do processamento deve ser apresentada nos Relatórios Mensais de Acompanhamento.

O processamento das amostras segue seis etapas: extração do DNA, sexagem molecular, sequenciamento da região controle do DNA mitocondrial, genotipagem dos locos de microssatélites, identificação da espécie e estimativa de idade, sendo esta somente para amostras de baleia-jubarte.

- ETAPA 1 – Extração do DNA: O DNeasy Blood and Tissue Kit (Qiagen) será utilizado para a extração do DNA das amostras de pele de acordo com o protocolo do fabricante.
- ETAPA 2 – Sexagem molecular: o DNA extraído das amostras será amplificado utilizando os pares de primers Y53-3C e Y53-3D; P1-5EZ e P2-3EZ, designados, respectivamente, para amplificar o gene Sry (macho específico), e os genes ZFX/ZFY (fêmea e macho), como controle positivo. As reações de PCR serão: 2,5 mM de $MgCl_2$, 0,2 mM de dNTPs, 0,4 µM de cada *primer*, 0,3 U da enzima Platinum *Taq* DNA Polymerase (Invitrogen), 1 X o tampão de reação (Invitrogen), e 1 µl de DNA (aproximadamente 20 ng). O perfil do PCR no termociclador consiste de uma desnaturação inicial a 94°C por 3 minutos, seguida por 35 ciclos de desnaturação a 94°C por 45 segundos, anelamento a 60°C por 45 segundos, extensão a 72°C por 1 minuto e concluída com uma extensão final a 72°C por 10 minutos. O produto amplificado será verificado em gel de agarose (1,5%) e o sexo dos indivíduos amostrados será identificado como macho (duas bandas) ou fêmea (uma banda).
- ETAPA 3 – Sequenciamento da região controle do DNA mitocondrial: a região controle do DNA mitocondrial (~ 800 pares de base) será amplificada para cada amostra usando os primers Dlp1.5 e Dlp8. As reações de PCR serão: 2,5 mM de $MgCl_2$, 0,2 mM de dNTPs, 0,4 µM de cada *primer*, 0,3 U da enzima Platinum *Taq* DNA Polymerase (Invitrogen), 1 X o tampão de reação (Invitrogen) e 1 µl de DNA (aproximadamente 20 ng). O perfil do PCR no termociclador consiste de uma desnaturação inicial a 94°C por 2 minutos, seguida por 35 ciclos de desnaturação a 94°C por 30 segundos, anelamento a 55°C por 45 segundos, e extensão a 72°C por 40 segundos, e concluída com uma extensão final a 72°C por 10 minutos. Os produtos de PCR serão enviados para a Macrogen Inc. (Seoul, Coreia do Sul), para purificação e sequenciamento (ambas as direções) em um sequenciador ABI 3730XL (*Applied Biosystems*). As sequências resultantes serão alinhadas, ajustadas manualmente, e as posições variáveis confirmadas visualmente através dos cromatogramas usando SEQUENCHER 5.4.6 (Gene Codes Corporation).
- ETAPA 4 – Genotipagem dos locos de microssatélites: as amplificações dos 17 locos (EV1, EV14, EV37, EV94, EV96, GATA028, GATA053, GATA417, GT23, KWM2a, KWM12a, TexVet5, TexVet7, D08 e MK6, 417/418, 464/465) de microssatélites serão conduzidas num volume final de 10 µl, com as concentrações no PCR e as condições no termociclador variando dependendo do par de *primers* (Ver tabelas do Anexo I). Os locos de microssatélites amplificados serão enviados para a Macrogen Inc. (Seoul, Coreia do Sul) para genotipagem no sequenciador automático ABI 3730XL. Os resultados serão então utilizados para a determinação dos genótipos, com o auxílio do programa Peak Scanner™ v1.0 (Applied Biosystems).

- ETAPA 5 – Identificação das espécies: para a identificação molecular das espécies, cada sequência da região controle do DNAmt de cada amostra será comparada, utilizando o programa *DNA Surveillance* (ROSS *et al*., 2003), com as sequências do banco de dados de referência, *Witness for the Whale*, versão 4.3 (o mais recente disponível na época da análise). Adicionalmente, as sequências serão também comparadas com o banco de sequências de DNA do GenBank, por pesquisas de similaridade usando a ferramenta BLAST do mesmo, onde se verifica a espécie com maior similaridade.
- ETAPA 6 – Estimativa de idade: O DNA das amostras de baleia-jubarte será convertido usando o Epitect Bisulphite Conversion Kit (Qiagen). Os três genes com os sítios (TET2_CpG+31, CDKN2A_CpG+297 e GRIA2_CpG+202) que relacionam metilação da citosina e idade serão amplificados usando um *primer biotin labelled HPL-purified* e um *primer* secundário de sequenciamento padrão. As reações de PCR serão: 12,5 µl de mastermix PyroMark, 2,5 µl de Coral Load, 5 µl de cada *primer*, 2 µl de DNA bissulfito e 6 µl de H_2O. O perfil do PCR no termociclador consiste de uma desnaturação inicial a 95°C por 15 minutos, seguida por 45 ciclos de desnaturação a 95°C por 30 segundos, anelamento a 56°C por 30 segundos, e extensão a 72°C por 30 segundos, e concluída com uma extensão final a 72°C por 10 minutos. O pirosequenciamento será realizado em um PyroMark Q24 (Qiagen) no Núcleo de Sequenciamento de DNA no CTO do ICESP, São Paulo. A porcentagem dos valores de metilação para cada sítio CpG será fornecida pelo programa do PyroMark Q24.

4. Descrição da Matriz de Dados ou Catálogo Genético

O arquivo será em Excel, composto por 14 ou mais planilhas, sendo uma para cada espécie amostrada em campo. Em cada planilha, cada linha representa um indivíduo e 31 a 35 colunas com as seguintes informações:

(1) Número da biópsia

(2) Campanha – Se a biópsia ocorreu em uma campanha de Avistagem e MAP ou de Telemetria;

(3) Número do ciclo – Qual o número do ciclo da campanha em relação ao projeto global em que foi coletada a amostra;

(4) Data do registro – (dia, mês e ano);

(5) Hora em que a amostra foi coletada;

(6) Latitude – Latitude de ocorrência da biópsia em graus decimais;

(7) Longitude – Longitude de ocorrência da biópsia em graus decimais;

(8) Foto ID – Se tem registro de foto do indivíduo biopsado;

(9) *Tags* - Se a biópsia é de um indivíduo que foi tagueado;

(10) Tamanho do grupo – Quantos indivíduos foram contados em campo no grupo avistado em que a biópsia ocorreu;

(11) Número de filhotes – Quantos filhotes foram contados em campo no grupo avistado em que a biópsia ocorreu;

(12) Reação antes da biópsia;

(13) Reação durante a biópsia;

(14) Reação depois da biópsia;

(15) Sexo – Se o indivíduo é um macho ou uma fêmea;

(16) Haplótipo – identificação (nome) do haplótipo da região controle do DNA mitocondrial;

(17) a (33, 35 ou 37) Genótipo do indivíduo – Identificação do indivíduo (8 a 10 locos dependendo da espécie) composto pelos alelos de cada loco de microssatélite (cada alelo separado em uma coluna, sendo 16, 18 ou 20 colunas necessárias para 8, 9 ou 10 locos, respectivamente).

ANEXO 1 – CONDIÇÕES DOS PCRS PARA OS LOCOS DE MICROSSATÉLITES

Tabela 1. Fluorescência, PCR e programa no termociclador usado para cada loco de microssatélite.

Locos	Fluorescência	Condições PCR	Programa
EV1	NED	PCR1	Microceti I_50
EV14	HEX	PCR1	Microceti I_50
EV37	NED	PCR1	Microceti I_50
EV94	FAM	PCR1	Microceti II_50
EV96	HEX	PCR2	Microceti II_50
GATA28	HEX	PCR1	Microceti II_50
GATA53	NED	PCR1	Microceti II_50
GATA417	FAM	PCR1	Microceti II_50
GT23	HEX	PCR1	Microceti II_50
KWM2a	HEX	PCR3	TD5060
KWM12a	FAM	PCR3	TD5060
TexVet5	HEX	PCR3	TD5060
TexVet7	NED	PCR3	TD5060
MK6	FAM	PCR1	Microceti I_50
D08	FAM	PCR3	TD5060
464/465	NED	PCR4	BK50
417/418	HEX	PCR5	BK50

Tabela 2. Concentrações dos reagentes nos PCRs 1, 2 e 3.

Reagentes	PCR1	PCR2	PCR3	PCR4	PCR5
MgCl2	2,5 mM	1,5 mM	1,5 mM	3,25 mM	3,25 mM
dNTP	0,2 mM	0,2 mM	0,1 mM	0,2 mM	0,2 mM
Primer F	0,026 uM	0,026 uM	0,016 uM	0,008 uM	0,016 uM
Primer R	0,4 uM	0,4 uM	0,25 uM	0,125 uM	0,25 uM
Primer M13 marcado	0,4 uM	0,4 uM	0,20 uM	0,1 uM	0,2 uM
Platinun Taq DNA Polymerase	0,3 U	0,3 U	0,3 U	0,5 U	0,5 U
Tampão	1 x	1 x	1 x	1 x	1x

Tabela 3. Passos dos PCRs e nomes dos programas usados nos termocicladores.

Passos	Microceti I		Microceti II		BK50		TD5060	
Desnaturação inicial		94°C por 3 min		94°C por 3 min		94°C por 10 min		94°C por 2 min
Desnaturação		94°C por 30 seg		94°C por 30 seg		94°C por 30 seg		94°C por 30 seg
Anelamento	35 x	50°C por 30 seg	40 x	50°C por 30 seg	40 x	50°C por 30 seg	10 x	60°C por 1 min
Extensão		72°C por 30 seg		72°C por 40 seg		72°C por 30 seg		72°C por 1 min
Extensão final		72°C por 10 min		72°C por 30 min		72°C por 3 min		menos 1°C por ciclo
Desnaturação								94°C por 30 seg
Anelamento							35x	50°C por 1 min
Extensão								72°C por 1 min
Extensão final								72°C por 5 min

Anexo V.1.2-1: *Resultados da identificação genética das amostras por DNAmt e sexagem molecular. * Espécies identificadas em campo que não foram corroboradas pelos resultados genéticos. N/A = not available. Identificação dos haplótipos: HT = **Tursiops truncatus**, HSO = **Sotalia guianensis**, HDD = **Delphinus delphis**, HSB = **Steno bredanensis**, HSF = **Stenella frontalis**, HSL = **S. longirostris**, HSA = **S. attenuata**, HSC = **S. clymene**, HGM = **Globicephala macrorhynchus**, HO = **Orcinus orca**, HPE = **Peponocephala electra**, HPM = **Physeter macrocephalus**, HBE = **Balaenoptera brydei**, HBB = **B. bonaerensis**, HBa = **B. acutorostrata**, HBM = **B. musculus**, HBP = **B. physalus**, HBb = **B. borealis**, HBA e HGA = **M. novaeangliae**, HEA = **Eubalaena australis**.*

Amostras	**Haplótipo**	**Identificação genética *DNA Surveillance***	**Espécie mais próxima no GenBank**	**Espécie identificada no campo**	**Sexagem molecular**
G1	HT1	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G2	HT2	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G3	HSO1	*Sotalia guianensis*	*S. guianensis*	*S. guianensis*	Macho
G4	HSO1	*Sotalia guianensis*	*S. guianensis*	*S. guianensis*	Fêmea
G5	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G6	HT1	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G7	HT4	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G8	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G9	HSF1	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G10*	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. capensis*	Fêmea
G11*	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. capensis*	Fêmea
G12	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G13	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G14	HT2	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G15	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G16	HSB1	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Macho
G17	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G18	HT6	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G19	HSB1	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G20	HSL1	*Stenella longirostris*	*D. delphis*	*S. longirostris*	Macho
G21*	HSA1	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. longirostris*	Fêmea
G22	HSL2	*Stenella longirostris*	*T. australis*	*S. longirostris*	Fêmea
G23	HSA2	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G24	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. edeni*	Fêmea
G25	HSL3	*Stenella longirostris*	*T. truncatus*	*S. longirostris*	Fêmea
G26	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G27	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G28	HSL4	*Stenella longirostris*	*T. australis*	*S. longirostris*	Fêmea
G29	HSL5	*Stenella longirostris*	*T. australis*	*S. longirostris*	Macho
G30	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. edeni*	Macho
G31	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G32	HT7	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G33	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G34	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G35*	HSF1	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. attenuata*	Macho
G36	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G37	HT8	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G38	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G39	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G40	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G41	HSL3	*Stenella longirostris*	*T. truncatus*	*S. longirostris*	Fêmea
G42	HBB1	*Balaenoptera bonaerensis*	*B. bonaerensis*	*B. bonaerensis*	Macho
G43	HSF4	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G44	HSC1	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Fêmea
G45	HBP1	*Balaenoptera physalus*	*B. physalus*	*B. physalus*	Macho
G46	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G47	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G48	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G49	HSF5	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G50	HSF6	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G51	HBA074	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G52	HGA025	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G53	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G54	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G55	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G56	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G57	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G58	HT9	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G59	HDD2	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*Delphinus sp.*	Macho
G60	HDD3	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*Delphinus sp.*	Fêmea
G61	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G62	HGA004	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea
G63	HBb1	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G64	HSL6	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G65	HSL7	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G66	HBb2	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G67*	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. borealis*	N/A
G68*	HBE2	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. borealis*	Fêmea
G69	HBP2	*Balaenoptera physalus*	*B. physalus*	*B. physalus*	Fêmea
G70	HBb2	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G71	HBb3	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G72	HBb4	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G73	HBb5	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G74	HBb6	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G75	HBb7	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G76	HBb8	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G77	HBb9	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G78	HGA011	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G79	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G80	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Macho
G81	HDD4	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Macho
G82	HSF9	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G83	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G84	HT2	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G85	HSL2	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G86	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. edeni*	Fêmea
G87	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G88	HSL4	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G89	HSL8	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G90	HSF9	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G91	HSF5	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G92	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G93	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. edeni*	Macho
G94	HSL9	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G95	HSL10	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G96	HSL2	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G97	HSL11	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G98	HSL12	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G99	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G100	HT10	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G101	HSL2	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G102	HSL3	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G103	HSL13	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G104	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. edeni*	Fêmea
G106	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. edeni*	Fêmea
G107	HBE3	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. edeni*	Fêmea
G108	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G109	HT11	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G110	HSB1	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Macho
G111	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G112	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. edeni*	Macho
G113	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G114	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
GM1	HGA002	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
GM2	HGA002	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
GM3	HGA036	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea
G115	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G116	HSB2	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G117	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G118	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G119	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G120	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G121	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G122	HT2	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G123	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G124	HSF10	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G125	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G126	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G127	HT11	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G128	HT13	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G129	HBP3	*Balaenoptera physalus*	*B. physalus*	*B. physalus*	Macho
G130	HBP3	*Balaenoptera physalus*	*B. physalus*	*B. physalus*	Macho
G131	HSC2	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Fêmea
G132	HSC3	*Stenella clymene*	*D. delphis*	*S. clymene*	Macho
G133	HSC4	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Macho
G134	HSC5	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Macho
G135	HBA004	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G136	N/A	N/A	N/A	*M. novaeangliae*	N/A
G137*	HBB2	*Balaenoptera bonaerensis*	*B. bonaerensis*	*B. edeni*	Fêmea
G138*	HBB3	*Balaenoptera bonaerensis*	*B. bonaerensis*	*B. edeni*	Macho
G139	HBM1	*Balaenoptera musculus*	*B. musculus*	*B. musculus*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G140	HBb10	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G141	HBP4	*Balaenoptera physalus*	*B. physalus*	*B. physalus*	Macho
G142	HBA012	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea
G143	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G144	HBA010	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea
G145	N/A	N/A	N/A	*T. truncatus*	N/A
G146	HBA002	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G147	HBA002	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G148	HBb7	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G149	HBb2	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G150	HBA007	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G151	HBA049	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G152	HBB4	*Balaenoptera bonaerensis*	*B. bonaerensis*	*B. bonaerensis*	Macho
G153	HBB5	*Balaenoptera bonaerensis*	*B. bonaerensis*	*B. bonaerensis*	Fêmea
G154	HSF11	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G155	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G156	HBA049	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G157	HBA049	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G158	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G159	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G160	HBM2	*Balaenoptera musculus*	*B. musculus*	*B. musculus*	N/A

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G161	HBM2	*Balaenoptera musculus*	*B. musculus*	*B. musculus*	Macho
G162	HBM2	*Balaenoptera musculus*	*B. musculus*	*B. musculus*	N/A
G163	HBM2	*Balaenoptera musculus*	*B. musculus*	*B. musculus*	Macho
G164	HBM2	*Balaenoptera musculus*	*B. musculus*	*B. musculus*	N/A
G165	HO1	*Orcinus orca*	*O. orca*	*O. orca*	Macho
G166	HSF12	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G167	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G168	HT2	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G169	HBP5	*Balaenoptera physalus*	*B. physalus*	*B. physalus*	Fêmea
G170	HEA1	*Eubalaena australis*	*E. australis*	*E. australis*	Macho
G171	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G172	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G173	HT14	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G174	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G175	HSL14	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G176	HSL15	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G177	HSL16	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G178	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G179	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G180	HDD3	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G181	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G182	HBB1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. brydei*	Fêmea
G183	HBA039	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea
G184	HGA036	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G185	HGA011	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea
G186	HBA058	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G187	HBB1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. brydei*	Fêmea
G188	HSL14	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G189	HSL17	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G190	HSL18	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G191	HPM1	*Physeter macrocephalus*	*P. macrocephalus*	*P. macrocephalus*	Fêmea
G192	HSL15	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G193	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G194	HSA1	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Macho
G195	HSA3	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G196	HSA1	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G197	HSL15	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G198	HSL19	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G199	HSA2	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G200	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G201	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G202	HPM2	*Physeter macrocephalus*	*P. macrocephalus*	*P. macrocephalus*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G203	HPM1	*Physeter macrocephalus*	*P. macrocephalus*	*P. macrocephalus*	Fêmea
G204	HPM1	*Physeter macrocephalus*	*P. macrocephalus*	*P. macrocephalus*	Fêmea
G205	HPM1	*Physeter macrocephalus*	*P. macrocephalus*	*P. macrocephalus*	Fêmea
G206	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G207	HSF18	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G208	HT4	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G209	HT4	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G210	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G211	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G212	HDD5	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Macho
G213	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G214	HSF8	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G215	HSL3	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G216	HSL18	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G217	HSL20	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G218	HSF5	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G219	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G220	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G221	HSF19	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G222	HSF19	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G223	HSL21	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G224	HSL22	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G225	HSL23	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G226	HSF5	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G227	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G228	HT7	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G229	HSB3	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G230	HSB1	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G231	HSF18	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G232	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G233	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G234	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G235	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G236	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G237	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G238	HT2	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G239	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G240	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G241	HSF2	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G242	HSF7	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Macho
G243	HSF5	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G244	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G245	HSL22	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G246	HSL3	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G247	HSL14	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G248	HSA4	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Macho
G249	HSA4	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G250	HSB2	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Macho
G251	HSB2	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G252	HPE1	*Peponocephala electra*	*P. electra*	*P. electra*	Fêmea
G253	HPE2	*Peponocephala electra*	*P. electra*	*P. electra*	Fêmea
G254	HPE3	*Peponocephala electra*	*P. electra*	*P. electra*	N/A
G255	HPE4	*Peponocephala electra*	*P. electra*	*P. electra*	Fêmea
G256	HSA4	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G257	HPE4	*Peponocephala electra*	*P. electra*	*P. electra*	Macho
G258	HSA1	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G259	HSA4	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G260	HSL24	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G261	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G262	HSL14	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G263	HSL14	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G264	HSL2	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G265	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G266	HSL25	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G267	HSA4	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Macho
G268	HSC1	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Macho
G269	HSC6	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Macho
G270	HT1	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G271	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G272	HBA036	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G273	HEA2	*Eubalaena australis*	*E. australis*	*E. australis*	Macho
G274	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G275	HBA018	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G276	HT8	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G277	HBA020	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea
G278	HSB4	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Macho
G279	HBA028	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G280	HBA010	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G281	HSB1	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G282	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. brydei*	Macho
G283	HSF2	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G284	HO1	*Orcinus orca*	*O. orca*	*O. orca*	Macho
G285	HBb8	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G286	HBb8	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G287	HO1	*Orcinus orca*	*O. orca*	*O. orca*	Macho
G288	HBb4	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G289	HBb9	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G290	HBb11	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G291	HBb12	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G292	HBb13	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G293	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G294	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Macho
G295	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Macho
G296	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Macho
G297	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G298	HSF5	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G299	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G300	HSC7	*Stenella clymene*	*D. delphis*	*S. clymene*	Fêmea
G301	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G302	HSF8	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G303	HSF2	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G304	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G305	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G306	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G307	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G308	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G309	HO1	*Orcinus orca*	*O. orca*	*O. orca*	Macho
G310	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G311	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G312	HSF8	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G313	HSA1	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Macho
G314	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G315	HSA4	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G316	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G317	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Fêmea
G318	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Fêmea
G319	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Fêmea
G320	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Fêmea
G321	HT15	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G322	HT14	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G323	HSF5	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G324	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G325	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G326	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G327	HT8	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G328	HSB1	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G329	HSB1	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G330	HSB1	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G331	HSB1	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G332	HDD3	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G333	HDD3	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Macho
G334	HDD6	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G335	HDD3	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Macho
G336	HSF2	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G337	HSF13	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G338	HSF13	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G339	HSA4	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G340	HSF2	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G341	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Fêmea
G342	HT2	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G343	HT1	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G344	HT16	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G345	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G346	HSF8	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G347	HSB2	*Steno bredanensis*	*S. bredanensis*	*S. bredanensis*	Fêmea
G348	HSA4	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Fêmea
G349	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala sp.*	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G350	HSC6	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Fêmea
G351	HSC8	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Fêmea
G352	HBP6	*Balaenoptera physalus*	*B. physalus*	*B. physalus*	Fêmea
G353	HSC8	*Stenella clymene*	*S. coeruleoalba*	*S. clymene*	Fêmea
G354	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala* sp.	Macho
G355	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala* sp.	Macho
G356	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala* sp.	Fêmea
G357	HGM1	*Globicephala macrorhynchus*	*G. macrorhynchus*	*Globicephala* sp.	Macho
G358	HT17	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G359	HBM3	*Balaenoptera musculus*	*B. musculus*	*B. musculus*	Fêmea
G360	HSF5	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G361	N/A	N/A	N/A	*T. truncatus*	Macho
G362	HSF5	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G363	HT1	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G364	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G365	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G366	HBA003	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*Balaenopterídeo*	N/A
G367	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G368	HBA065	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G369	HBA082	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Macho
G370	HGA011	*Megaptera novaeangliae*	*M. novaeangliae*	*M. novaeangliae*	Fêmea

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G371	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G372	HSL26	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G373	HBb14	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G374	HBb8	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G375	HBb7	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G376	HBb15	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Macho
G378	HBb9	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G379	HBb16	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G380	HO1	*Orcinus orca*	*O. orca*	*O. orca*	Macho
G381	HBb17	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G382	HBb18	*Balaenoptera borealis*	*B. borealis*	*B. borealis*	Fêmea
G383	HSF8	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G384	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G385	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G386	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G387	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G388	HDD3	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G389	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G390	HDD2	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G391	HDD7	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G392	HSF2	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G393	HSF2	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G394	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G395	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G396	HT18	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G397	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G398	HDD8	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Macho
G399	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G400	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Macho
G401	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G402	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G403	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G404	HSF2	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G405	HSF9	*Stenella frontalis*	*D. capensis*	*S. frontalis*	Fêmea
G406	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G407	HSF8	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G408	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G409	HT8	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G410	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G411	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G412	HSL27	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G413	HSL27	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G414	HSL28	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G415	HSL1	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G416	HSA2	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Macho
G417	HSA1	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Macho
G418	HSA1	*Stenella attenuata*	*S. attenuata*	*S. attenuata*	Macho
G419	HSL29	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G420	HSL5	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Fêmea
G421	HBB6	*Balaenoptera bonaerensis*	*B. bonaerensis*	*B. bonaerensis*	Fêmea
G422	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G423	HSF3	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G424	HSF8	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G425	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G426	HT1	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G427	HDD3	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G428	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Fêmea
G429	HDD1	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Macho
G430	HT11	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G431	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G432	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G433	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Fêmea
G434	HSF5	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho

Amostras	Haplótipo	Identificação genética *DNA Surveillance*	Espécie mais próxima no GenBank	Espécie identificada no campo	Sexagem molecular
G435	HSF14	*Stenella frontalis*	*D. delphis*	*S. frontalis*	Macho
G436	HBa1	*Balaenoptera acutorostrata*	*B. acutorostrata*	*B. acutorostrata*	Fêmea
G437	HSF8	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G438	HSF7	*Stenella frontalis*	*S. coeruleoalba*	*S. frontalis*	Macho
G439	HPM1	*Physeter macrocephalus*	*P. macrocephalus*	*P. macrocephalus*	Fêmea
G440	HPM1	*Physeter macrocephalus*	*P. macrocephalus*	*P. macrocephalus*	Fêmea
G441	HSL16	*Stenella longirostris*	*S. longirostris*	*S. longirostris*	Macho
G442	HT11	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G443	HT8	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G444	HT13	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G445	HT5	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G446	HT3	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G447	HDD2	*Delphinus delphis*	*D. delphis*	*D. delphis*	Macho
G448	HT11	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Fêmea
G449	HT12	*Tursiops truncatus*	*T. truncatus*	*T. truncatus*	Macho
G450	HBE1	*Balaenoptera brydei*	*B. brydei*	*B. brydei*	Fêmea

***Anexo V.3.3-1**: Diversidade dos locos de microssatélites para as espécies de cetáceos amostradas na Bacia de Santos. n = número de amostras, K = número de alelos por loco.*

	T. truncatus			***S. longirostris***			***S. frontalis***			***S. attenuata***	
Loco	**n**	**K**	**Loco**	**n**	**K**	**Loco**	**N**	**K**	**Loco**	**n**	**K**
EV1	80	11	EV1	56	14	EV1	109	23	EV1	19	10
EV14	79	16	EV14	56	15	EV14	109	14	EV14	19	13
KWM2a	82	13	EV37	56	15	EV37	108	9	EV37	19	14
KWM12a	81	8	EV94	56	16	EV94	109	9	EV94	19	15
TexVet5	82	9	KWM12a	55	8	KWM2a	106	10	KWM2a	19	11
TexVet7	81	7	TexVet5	56	8	KWM12a	110	10	KWM12a	19	9
MK6	79	22	TexVet7	56	6	TexVet5	110	13	TexVet5	19	8
D08	79	11	MK6	56	15	TexVet7	110	6	TexVet7	19	4
			D08	56	13	MK6	108	9	MK6	19	13
						D08	110	17	D08	19	12
	S. clymene			***D. delphis***			***S. bredanensis***			***S. guianensis***	
Loco	**n**	**K**	**Loco**	**n**	**K**	**Loco**	**N**	**K**	**Loco**	**n**	**K**
EV1	11	7	EV1	24	13	EV1	14	3	EV14	2	1
EV14	10	11	EV37	24	10	EV14	15	4	EV37	2	2
EV37	10	13	KWM2a	24	10	EV37	15	9	EV94	2	1
EV94	10	11	KWM12a	24	6	EV94	15	9	KWM2a	2	2
KWM2a	11	12	TexVet5	24	7	KWM12a	15	3	KWM12a	2	2
KWM12a	11	9	TexVet7	24	5	TexVet5	15	5	TexVet5	2	2
TexVet5	11	4	MK6	24	11	TexVet7	15	2	TexVet7	2	1
TexVet7	11	10	D08	24	6	MK6	10	1	MK6	2	2
MK6	9	9				D08	15	6	D08	2	1
D08	11	11									
	B. musculus			***B. borealis***			***B. physalus***			***M. novaeangliae***	
Loco	**n**	**K**	**Loco**	**N**	**K**	**Loco**	**N**	**K**	**Loco**	**n**	**K**
EV1	2	3	EV1	28	15	EV1	6	11	EV1	25	3
EV14	2	4	EV14	27	14	EV14	6	6	EV37	25	14
EV37	2	4	EV37	27	18	EV37	6	5	EV94	26	13
EV94	2	1	EV94	27	11	EV94	6	10	EV96	18	10
EV96	2	3	EV96	27	12	EV96	6	8	GATA28	25	7
GATA28	2	3	GATA28	28	12	GATA28	6	8	GATA53	26	10
GATA53	2	1	GATA53	28	3	GATA417	6	4	GATA417	26	12
GATA417	2	3	GATA417	28	9	GT23	6	6	464/465	19	6
GT23	2	3	GT23	28	10	GATA53	4	4	417/418	25	14

	B. brydei			*B. bonaerensis*			*P. macrocephalus*			*E. australis*	
Loco	**n**	**K**	**Loco**	**n**	**K**	**Loco**	**N**	**K**	**Loco**	**n**	**K**
EV1	13	3	EV1	6	3	EV1	5	4	EV1	2	3
EV14	13	5	EV14	6	9	EV14	5	3	EV14	2	2
EV37	11	1	EV37	6	6	EV37	5	5	EV37	2	4
EV94	13	2	EV94	6	7	EV94	5	4	EV94	2	1
EV96	12	4	EV96	6	9	GATA28	5	3	GATA28	2	4
GATA28	13	6	GATA28	6	6	GATA53	5	4	GT23	2	4
GATA53	12	3	GATA417	6	9	GATA417	5	3	RW31	2	2
GATA417	13	6	GT23	6	8	GT23	4	2	RW4-10	2	2
GT23	12	4	GATA53	6	7	TexVet5	5	4	RW48	2	1
						464/465	4	2			
	P. electra			*O. orca*			*G. macrorhynchus*				
Loco	**n**	**K**	**Loco**	**N**	**K**	**Loco**	**n**	**K**			
EV1	5	4	EV1	5	5	EV1	11	10			
EV14	5	4	EV37	5	7	EV37	13	8			
EV37	5	4	EV94	5	4	EV94	13	10			
EV94	5	4	GATA53	5	3	GATA53	12	10			
GATA53	5	4	KWM2a	5	6	GT23	12	5			
KWM2a	5	7	KWM12a	5	5	MK6	13	6			
KWM12a	5	4	MK6	5	4	464/465	12	8			
MK6	5	1	D08	4	1	417/418	7	4			
D08	5	6	464/465	2	3						
			417/418	5	3						

Anexo V.4.2-1: *Descrição das 50 variáveis acústicas medidas para os assovios de delfinídeos na Bacia de Santos através do algoritmo ROCCA (Real-time Odontocete Call Classification Algorithm), pacote integrante do programa PAMGUARD.*

Abreviação	Descrição da variável
FREQBEGSWEEP	Modulação inicial (1 = positiva, -1 = negativa, 0 = zero)
FREQBEGUP	Variável binária: 1= modulação inicial é positiva, 0=modulação inicial é negativa
FREQBEGDWN	Variável binária: 1= Variável binária: 1=modulação inicial é negativa, 0=modulação inicial é positiva
FREQENDSWEEP	Modulação final (1 = positiva, -1 = negativa, 0 = zero)
FREQENDUP	Variável binária: 1= Variável binária: 1=modulação final é positiva, 0=modulação final é negativa
FREQENDDWN	Variável binária: 1= Variável binária: 1=modulação final é negativa, 0=modulação final é positiva
FREQBEG	Frequência inicial (Hz)
FREQEND	Frequência final (Hz)
FREQMIN	Frequência mínima (Hz)
DURATION	Duração (s)
FREQRANGE	Frequência máxima – Frequência mínima (Hz)
FREQMAX	Frequência máxima (Hz)
FREQMEAN	Frequência média (Hz)
FREQMEDIAN	Frequência mediana (Hz)
FREQSTDDEV	Desvio padrão da frequência (Hz)
FREQSPREAD	Diferença entre os percentis de frequência em 75% e 25%
FREQQUARTER1	Frequência em ¼ da duração (Hz)
FREQQUARTER2	Frequência na metade da duração (Hz)
FREQQUARTER3	Frequência em ¾ da duração (Hz)
FREQCENTER	(Frequência mínima + (frequência máxima-frequência mínima)) / 2
FREQRELBW	Largura de banda relativa: (frequência máxima – frequência mínima) / frequência central
FREQMAXMINRATIO	Frequência máxima / frequência mínima
FREQBEGENDRATIO	Frequência inicial / frequência final
FREQCOFM	Coeficiente da modulação de frequência: 20 medições de frequência igualmente espaçadas no tempo. Cada valor de frequência é subtraído pelo

Abreviação	Descrição da variável
	anterior. COMF é a soma dos valores absolutos dessas diferenças, todas divididas por 10.000.
FREQNUMSTEPS	Número de degraus (10% ou mais do aumento ou diminuição da frequência entre dois pontos)
NUMINFLECTIONS	Número de pontos de inflexão (mudança na modulação de positivo para negativo ou negativo para positivo)
INFMAXDELTA	Tempo máximo entre dois pontos de inflexão (s)
INFLMINDELTA	Tempo mínimo entre dois pontos de inflexão (s)
INFLMAXMINDELTA	Delta máximo / delta mínimo
INFLMEANDELTA	Tempo médio entre pontos de inflexão (s)
INFLSTDDEVDELTA	Desvio padrão do tempo entre pontos de inflexão (s)
INFLMEDIANDELTA	Mediana do tempo entre pontos de inflexão (s)
FREQSLOPEMEAN	Média total da inclinação (Hz/s)
FREQPOSSLOPEMEAN	Média da inclinação positiva (Hz/s)
FREQNEGSLOPEMEAN	Média da inclinação negativa (Hz/s)
FREQABSSLOPEMEAN	Média absoluta da inclinação (Hz/s)
FREQSLOPERATIO	Inclinação positiva/média da inclinação negativa
FREQSWEEPUPPERCENT	Percentual dos assovios que possuem inclinação positiva
FREQSWEEPDWNPERCENT	Percentual dos assovios que possuem inclinação negativa
FREQSWEEPFLATPERCENT	Percentual dos assovios que possuem inclinação zero
NUMSWEEPUPDWN	Número de pontos de inflexão que vão de inclinação positiva para inclinação negativa
NUMSWEEPDWNUP	Número de pontos de inflexão que vão de inclinação negativa para inclinação positiva
NUMSWEEPUPFLAT	Número de vezes que a inclinação muda de positiva para zero
NUMSWEEPDWNFLAT	Número de vezes que a inclinação muda de negativa para zero
NUMSWEEPFLATDWN	Número de vezes que a inclinação muda de zero para negativa
NUMSWEEPFLATUP	Número de vezes que a inclinação muda de zero para positiva
FREQSTEPUP	Número de degraus que possuem frequência crescente

Abreviação	Descrição da variável
FREQSTEPDWN	Número de degraus que possuem frequência decrescente
STEPDUR	Número de degraus/duração
INFLDUR	Número de pontos de inflexão/duração

ANEXO V.5.3-1: *ΣPCBs, ΣDDTs, ΣPBDEs, Mirex e HPAs prioritários como fatores categorizadores*

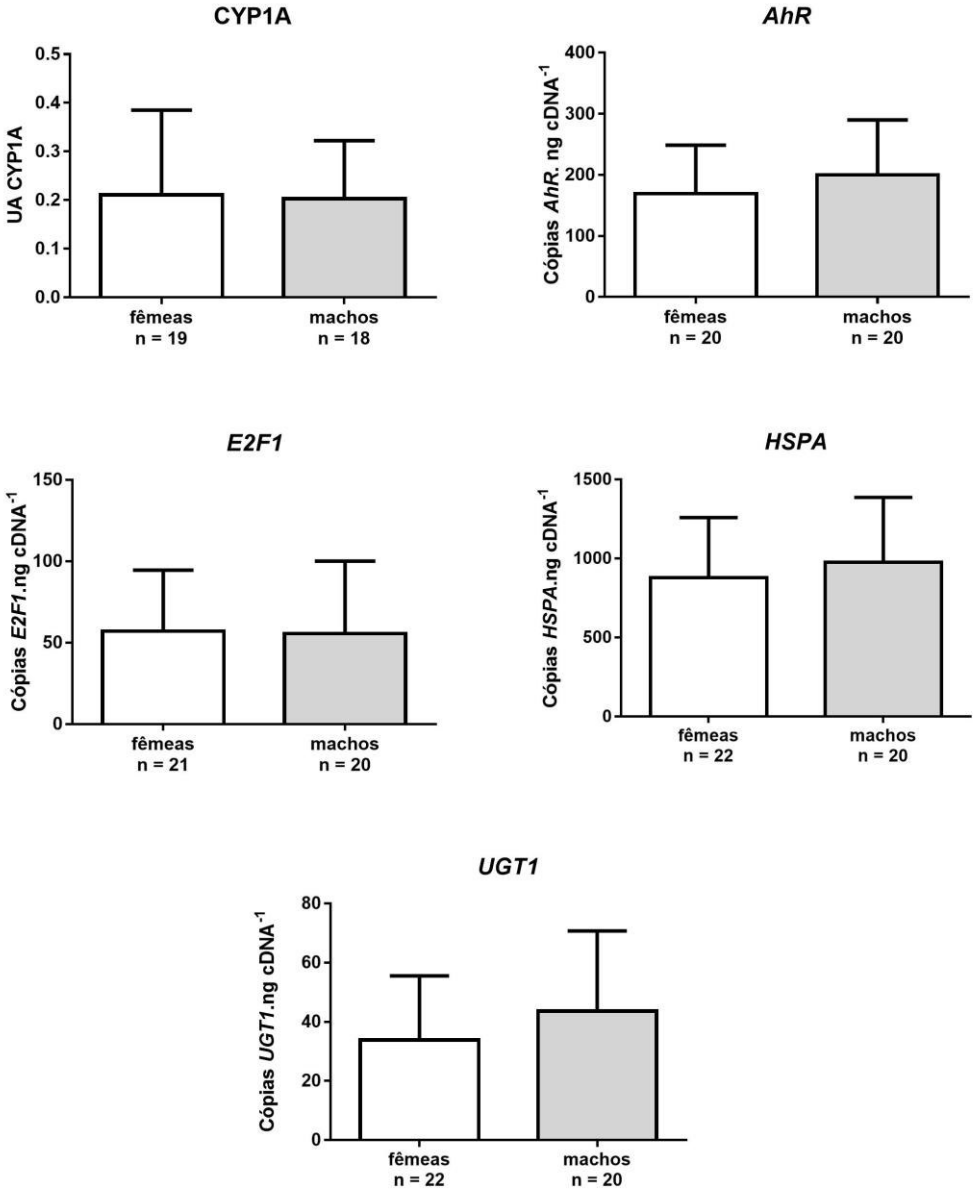


Figura 1 - Expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *E2F1, HSPA* e *UGT1* em biópsias de pele de *Tursiops truncatus* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base no sexo do golfinho fêmeas e machos. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

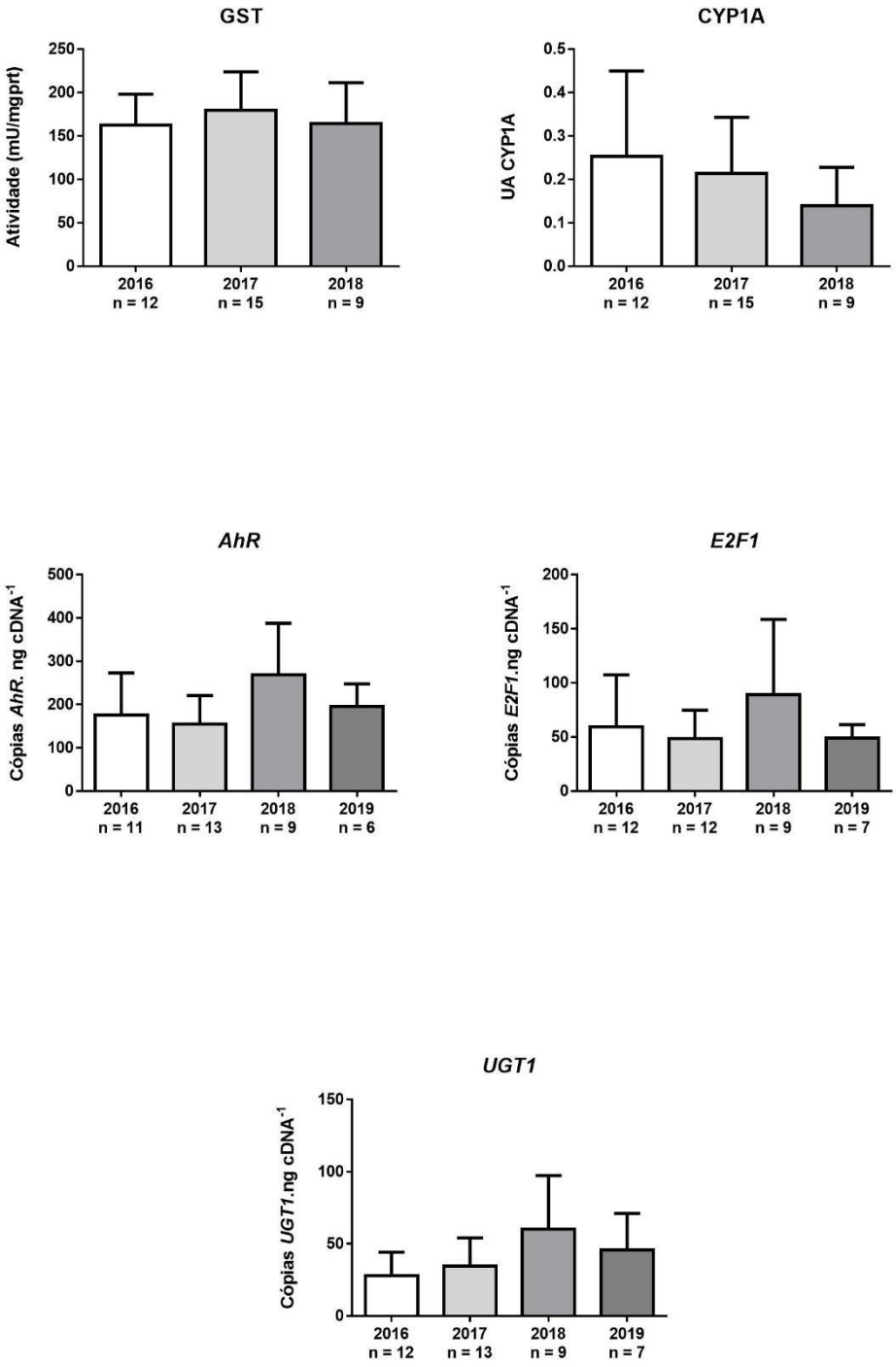


Figura 2 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *E2F1* e *UGT1* em biópsias de pele de *Tursiops truncatus* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base no ano de coleta (2016, 2017, 2018 e 2019). Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste Kruskall-Wallis ($p < 0,05$).

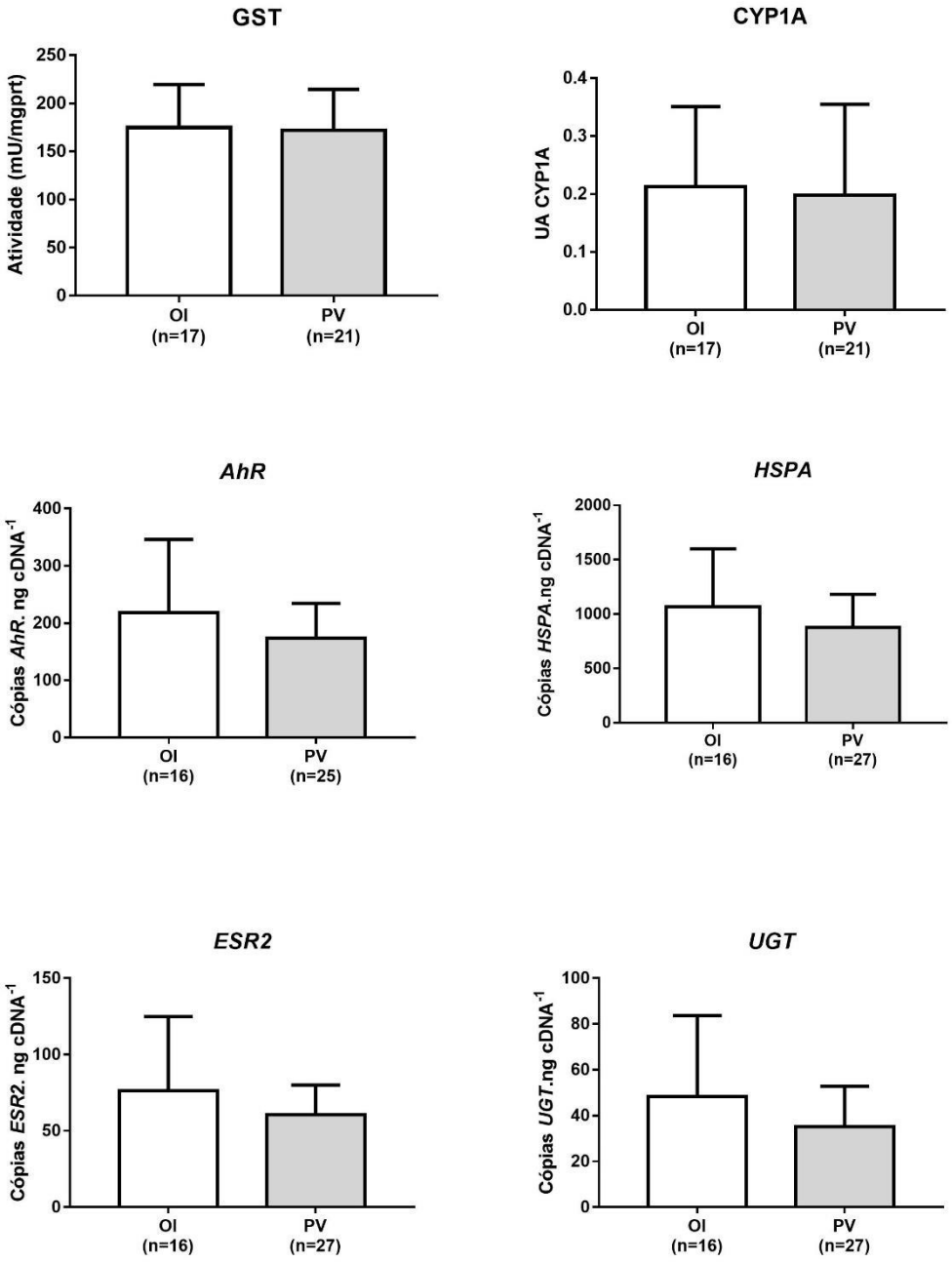


Figura 3 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *HSPA*, *ESR2* e *UGT1* em biópsias de pele de *Tursiops truncatus* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na estação do ano da data de coleta - Primavera-Verão (PV) e Outono-Inverno (OI). Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

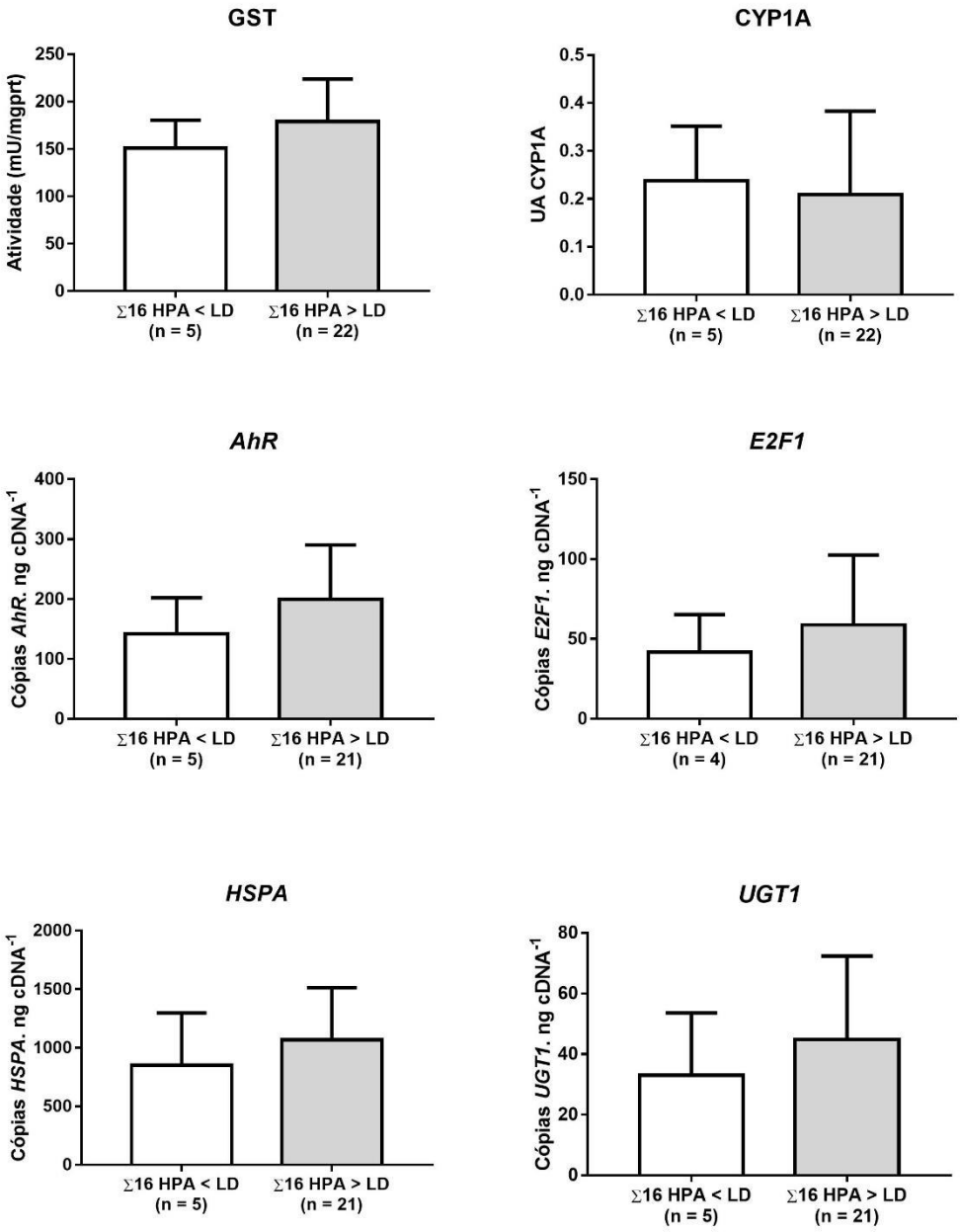


Figura 4 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *E2F1*, *HSPA* e *UGT1* em biópsioas de pele de *Tursiops truncatus* coletados no âmbito do PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na concentração de Σ16HPA Prioritários na gordura (blubber) (> LD e < LD).

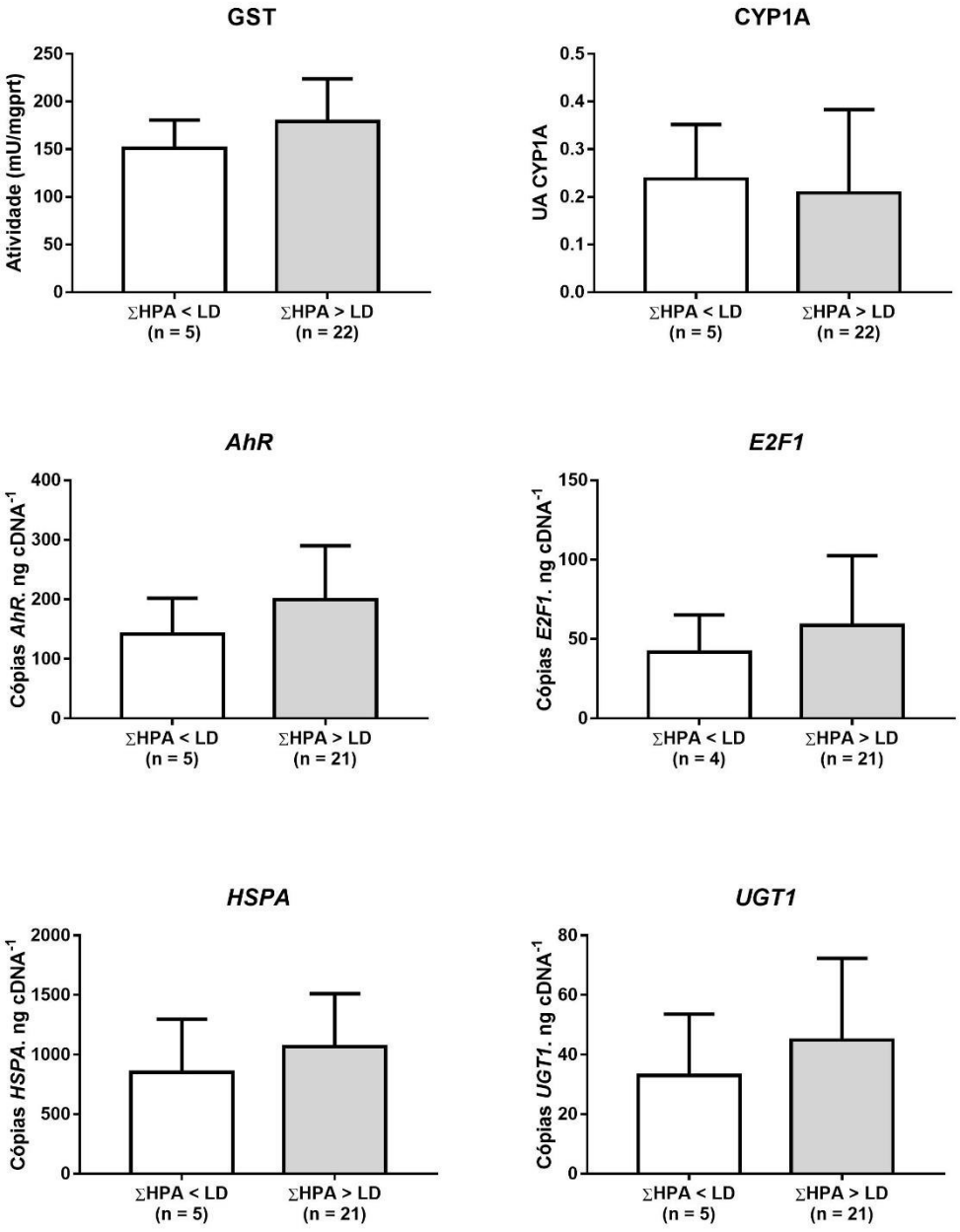


Figura 5 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *E2F1*, *HSPA* e *UGT1* em biópsioas de pele de *Tursiops truncatus* coletados no âmbito do PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na concentração de ΣHPA na gordura (blubber) (> LD e < LD). Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

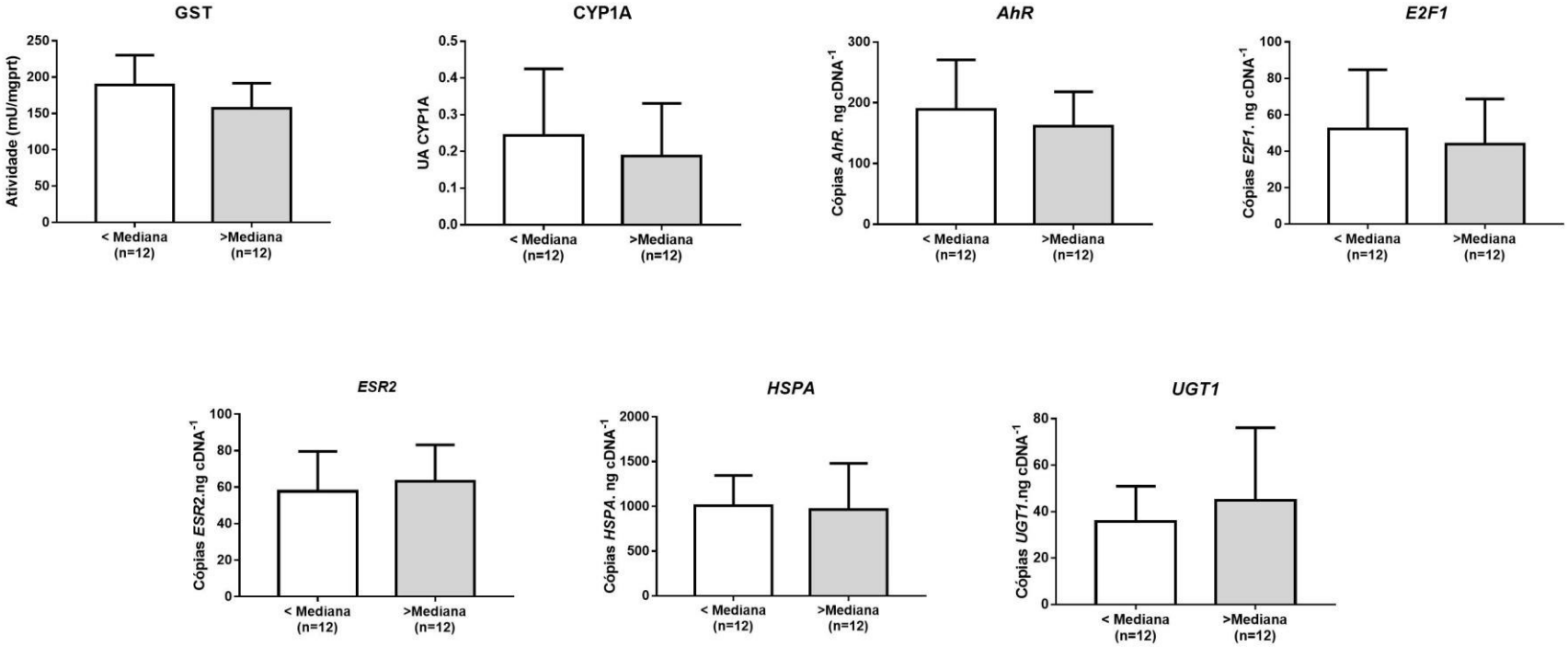


Figura 6 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, E2F1, *ESR2*, *HSPA* e *UGT1* biópsias de pele de *Tursiops truncatus* coletadas no âmbito do PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na mediana (6697,74 ng.g^{-1} lipídeos) da concentração de ΣPCBs na gordura (blubber), < mediana e > mediana. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

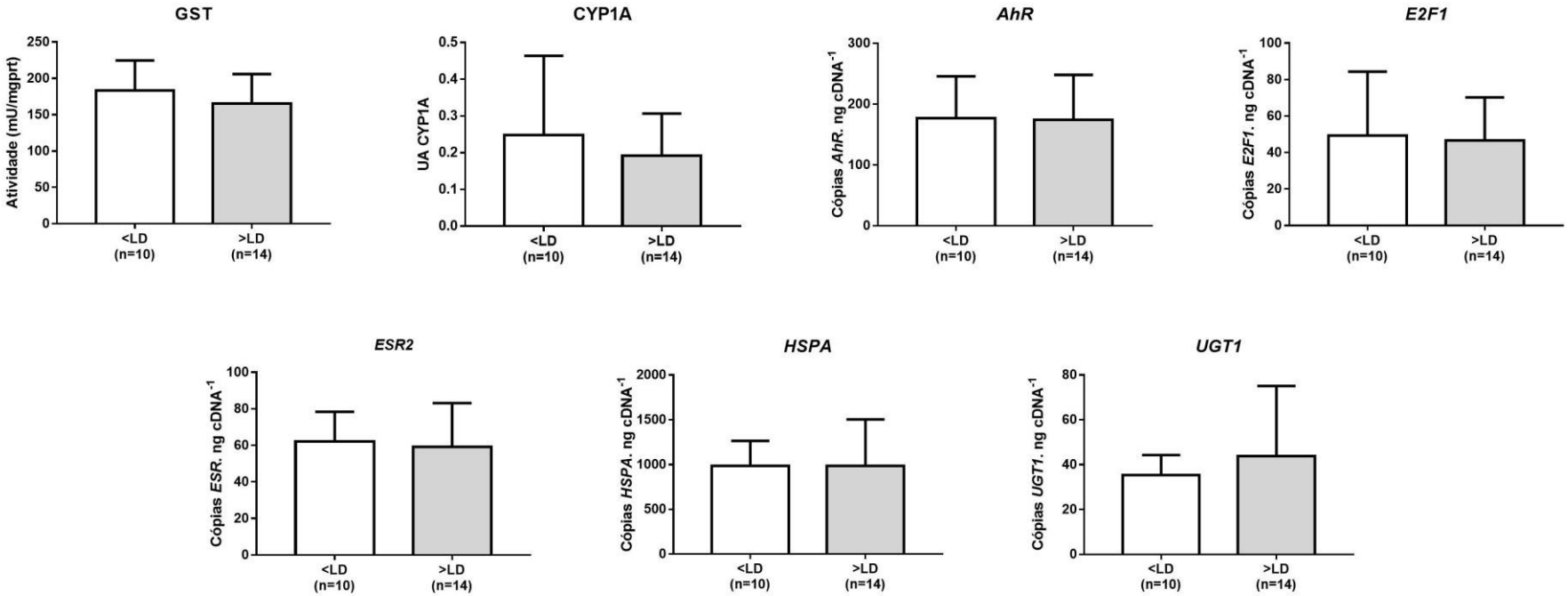


Figura 7 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *E2F1*, *ESR2*, *HSPA* e *UGT1* biópsias de pele de *Tursiops truncatus* coletados no âmbito do PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na concentração de PBDEs na gordura (blubber) (> LD e < LD). Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

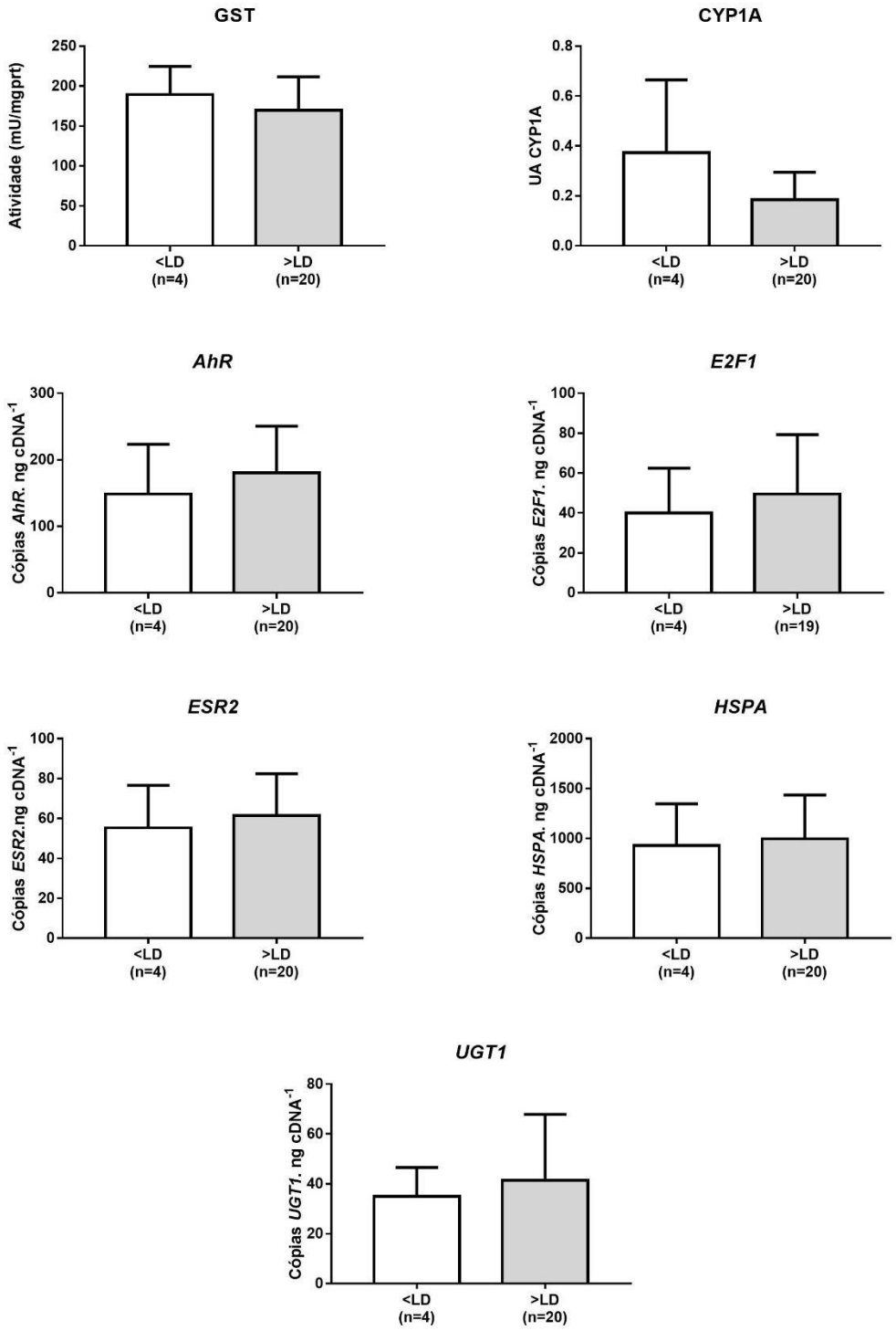


Figura 8 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *E2F1*, *ESR2*, *HSPA* e *UGT1* em biópsias de pele *Tursiops truncatus* coletados no âmbito do PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na concentração de ΣDDTs na gordura (blubber) (> LD e < LD). Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

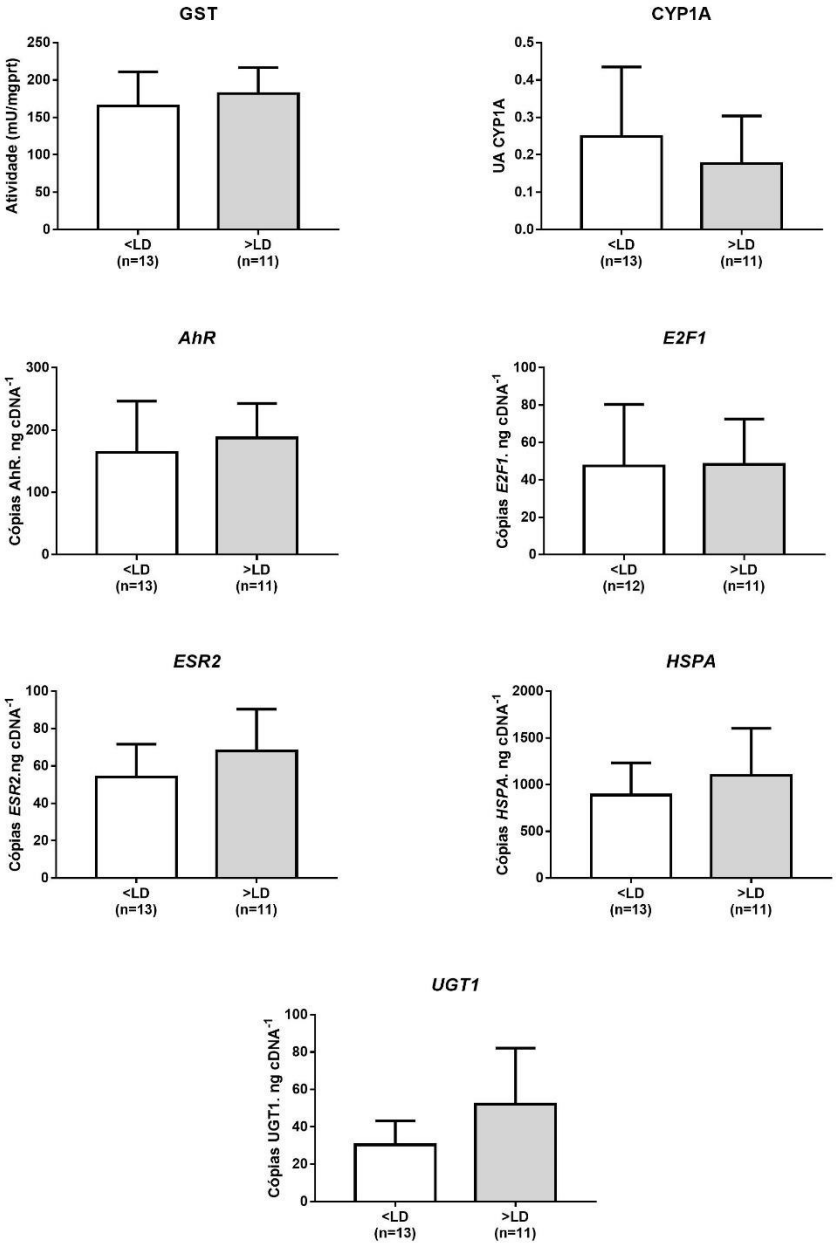


Figura 9 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *E2F1*, *ESR2*, *HSPA* e *UGT1* em biópsias de pele *Tursiops truncatus* coletados no âmbito do PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na concentração de Mirex na gordura (blubber) (> LD e < LD). Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

***ANEXO V.5.3-2**: HPAs e os POPs Mirex e PBDEs como fatores*

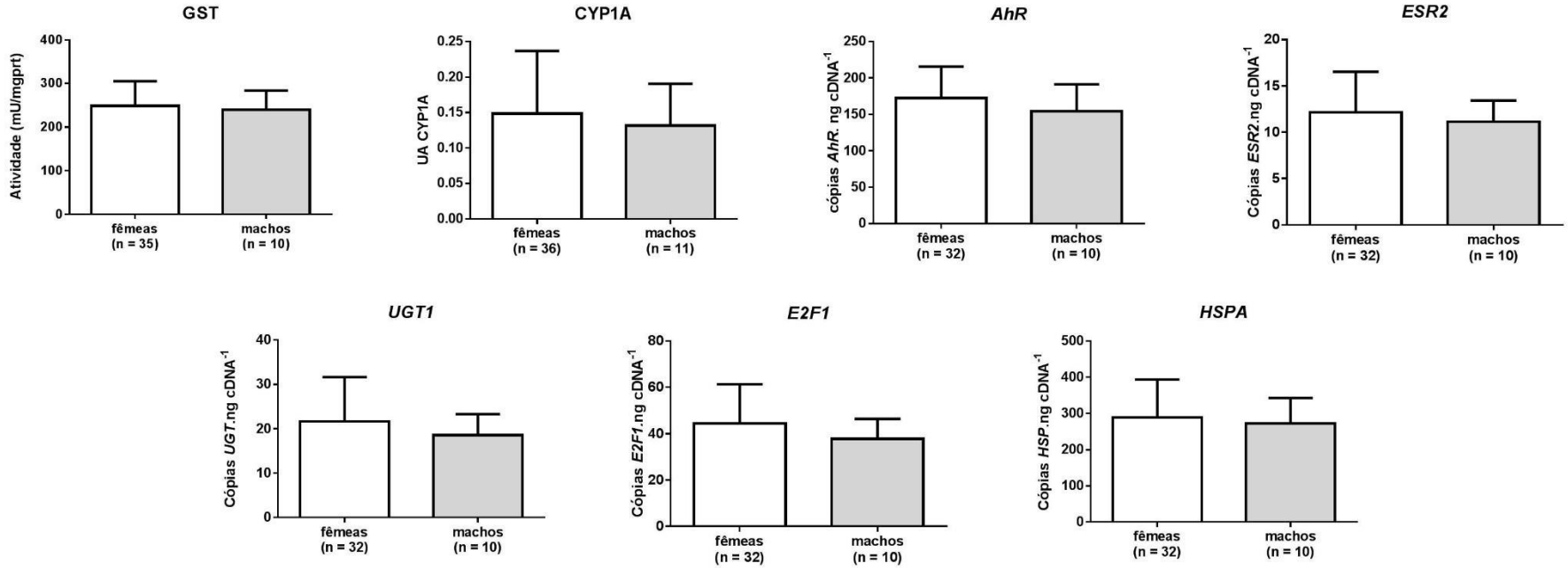


Figura 10 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de AhR, ESR2, UGT1, E2F1 e HSPA em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base no sexo do golfinho-rotador fêmeas e machos. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

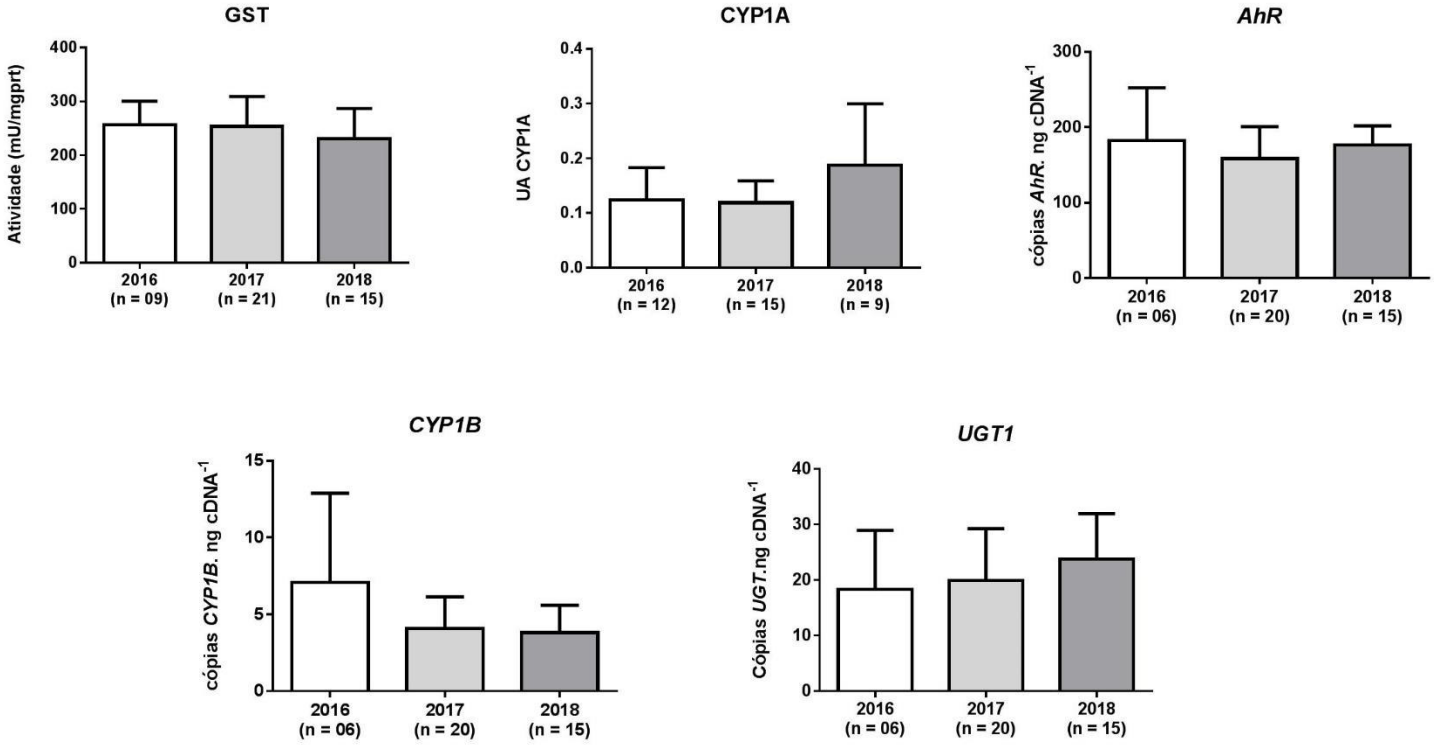


Figura 11 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *CYP1B* e *UGT1* em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base no ano de coleta (2016, 2017 e 2018). Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste Kruskall-Wallis ($p < 0,05$).

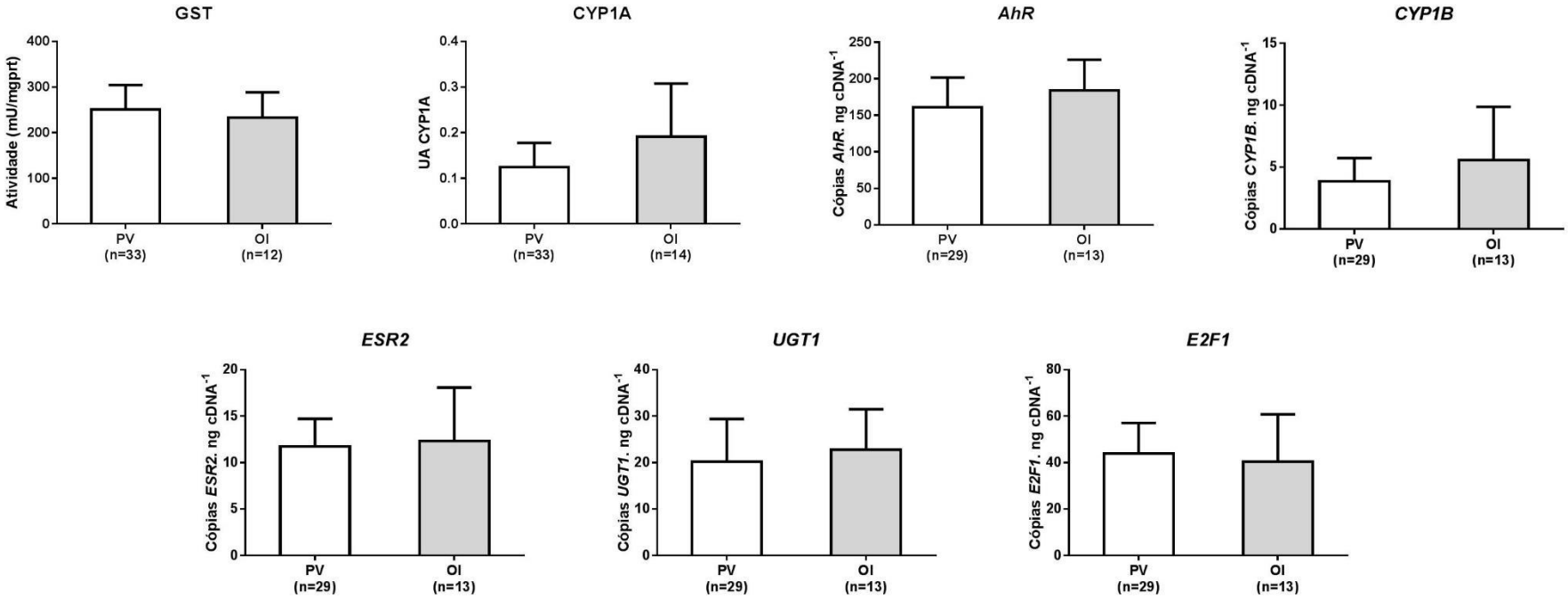


Figura 12 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *CYP1B, ESR2, UGT1 e E2F1* em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na estação do ano da data de coleta - Primavera-Verão (PV) e Outono-Inverno (OI). Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

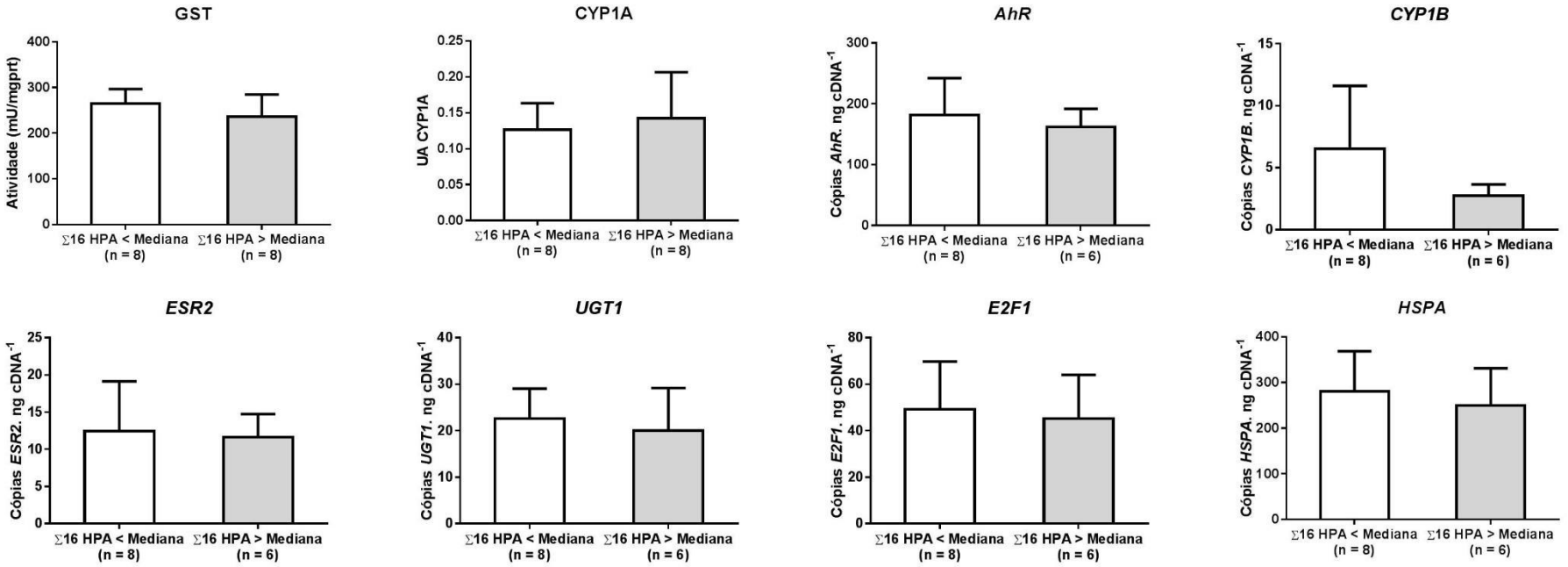


Figura 13 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *CYP1B, ESR2, UGT1, E2F1 e HSPA* em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na mediana (1052,00 $ng.g^{-1}$ lipídeos) da concentração de Σ16HPA Prioritários na gordura (blubber), < mediana e > mediana. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

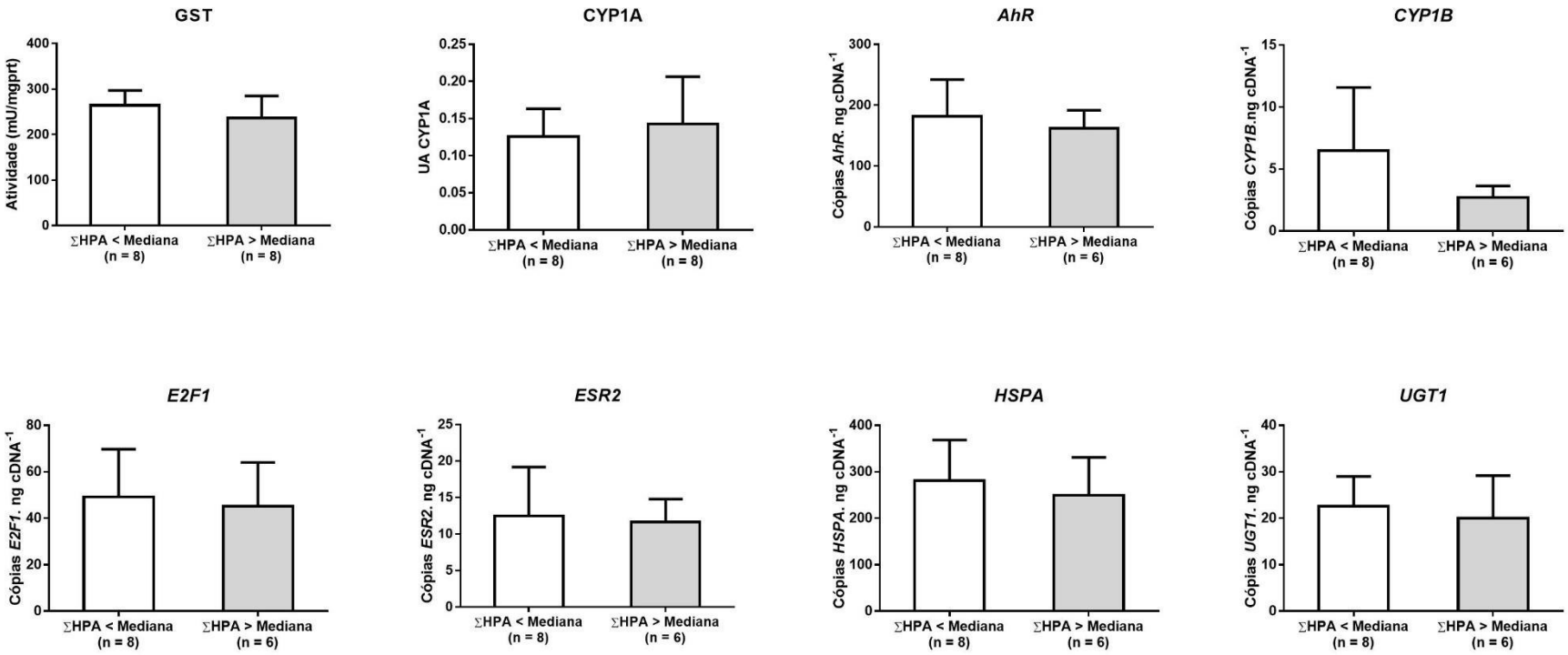


Figura 14 - **Atividade** GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *CYP1B, E2F1, ESR2, HSPA e UGT1* em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na mediana (1052,00 $ng.g^{-1}$ lipídeos) da concentração de ΣHPA na gordura (blubber), < mediana e > mediana. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

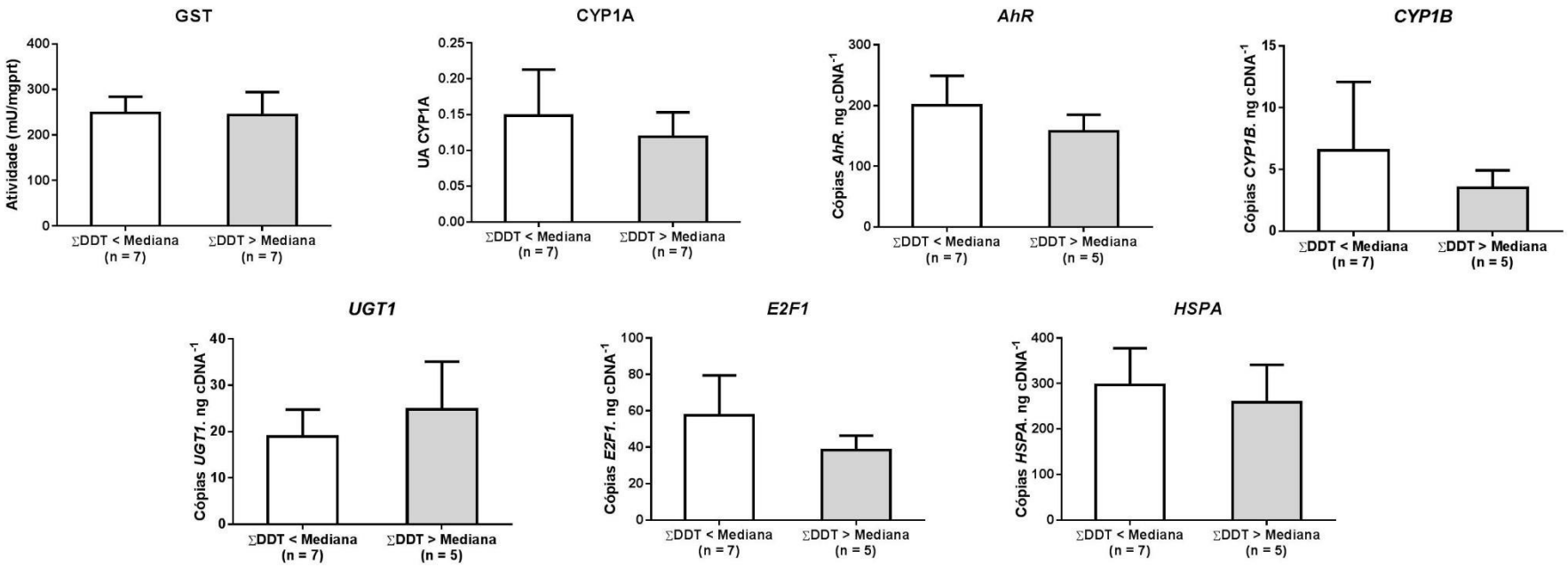


Figura 15 - **Atividade** GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *CYP1B, UGT1, E2F1 e HSPA* em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na mediana (347,95 ng.g-1 lipídeos) da concentração de ΣDDTs na gordura (blubber), < mediana e > mediana. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

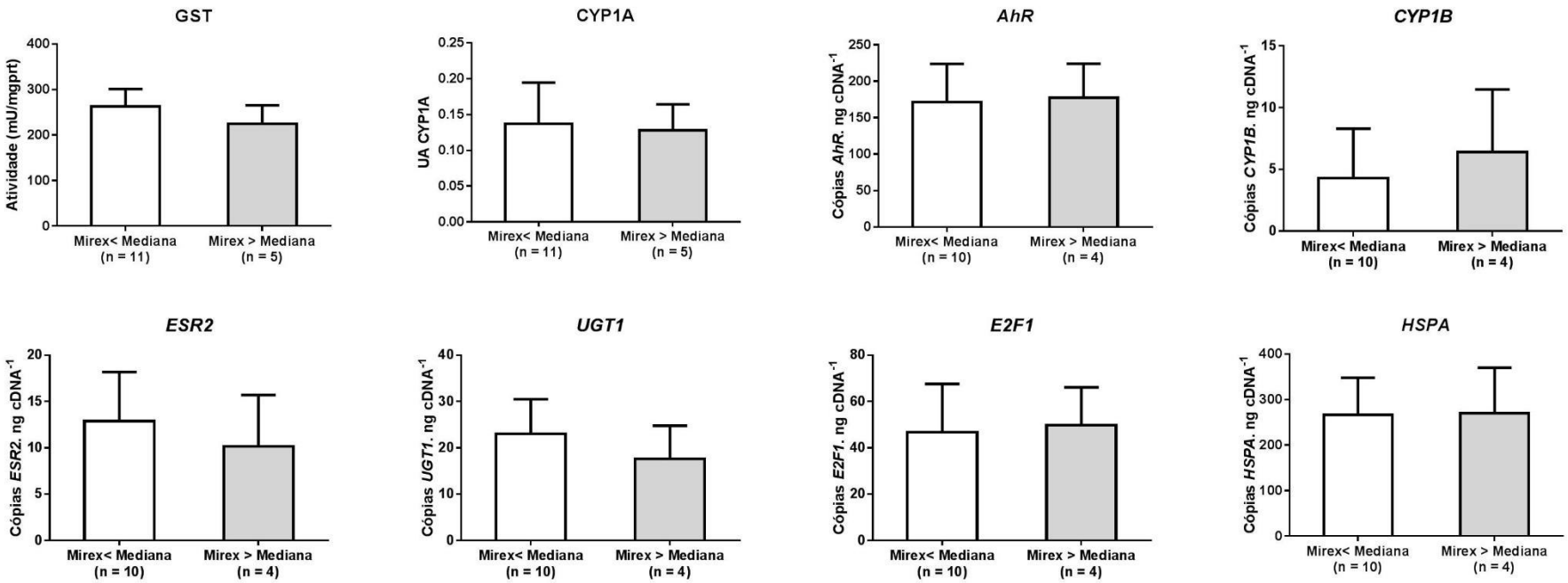


Figura 16 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *CYP1B, ESR2, UGT1, E2F1 e HSPA* em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na mediana (86,19 ng.g-1 lipídeos) da concentração de Mirex na gordura (blubber), < mediana e > mediana. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

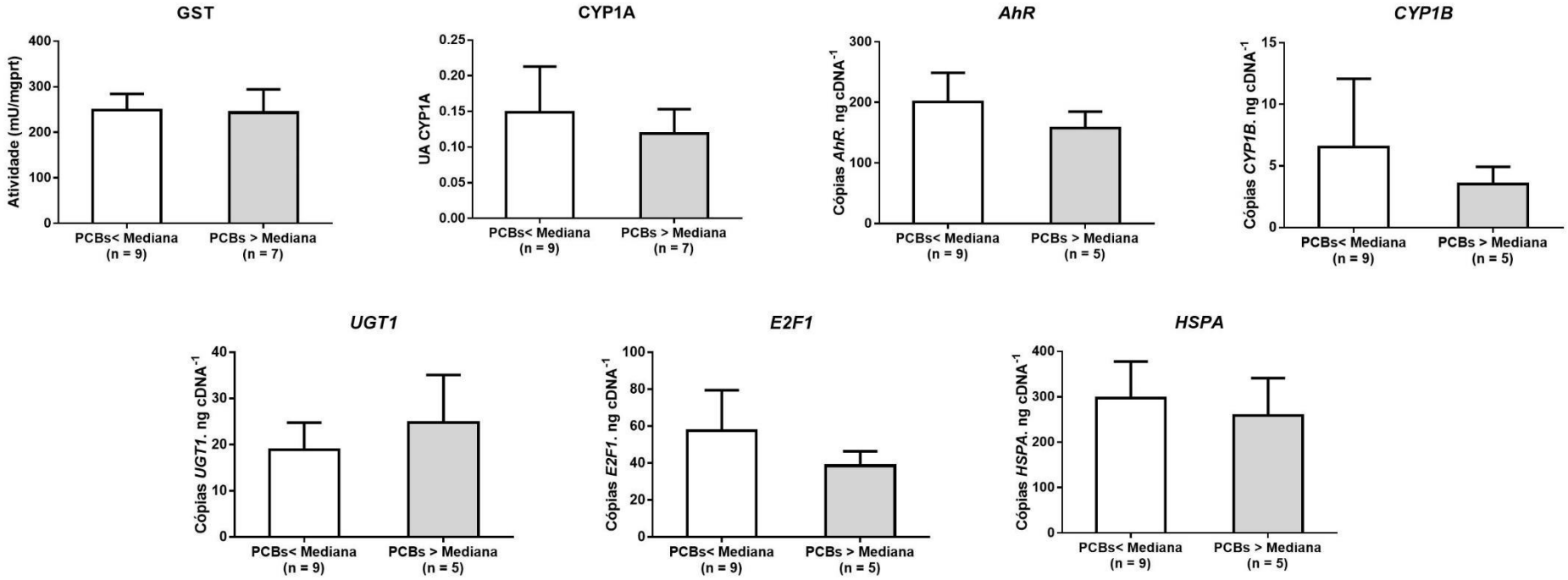


Figura 17 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *CYP1B, UGT1, E2F1 e HSPA* em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na mediana (1076,13 ng.g-1 lipídeos) da concentração de ΣPCBs na gordura (blubber), < mediana e > mediana. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

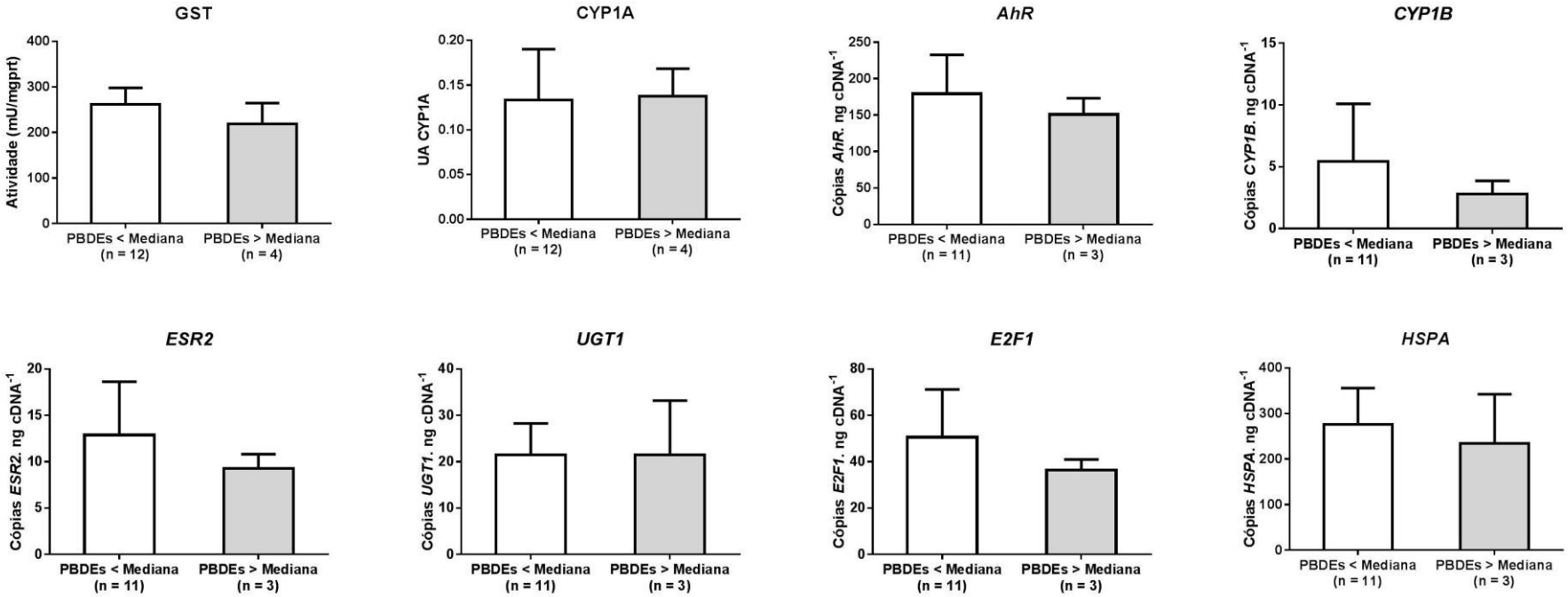


Figura 18 - Atividade GST, expressão proteica de CYP1A e níveis de transcritos de *AhR*, *CYP1B, ESR2, UGT1, E2F1 e HSPA* em biópsias de pele de *Stenella longirostris* coletadas no âmbito do projeto PMC-BS. As biópsias foram agrupadas com base na mediana (101,13 ng.g-1 lipídeos) da concentração de PBDEs na gordura (blubber), < mediana e > mediana. Nenhuma diferença foi encontrada, utilizando o teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

ANEXO V.5.3-3: Principais Resultados (Biomarcadores)

***Tabela 1** - Quadro resumido dos principais resultados de correlação observados em Tursiops truncatus* (em amarelo: com diferença significativa)

	FATOR								
	Sexo	Sazonalidade	Ano	[16 HPA]	[HPA total]	[DDT]	[PCB]	[Mirex]	[PBDE]
		n out/inv = 16 n prim/verão = 26	n 2016 = 14 n 2017 = 13 n 2018 = 9 n 2019 = 7	n < LD = 5 n > LD = 22	n < LD =5 n > LD = 22	n < LD = 4 n > LD = 20	n < med = 12 n > med = 12	n < LD = 13 n > LD = 11	n < LD = 10 n > LD = 14
GST	> fêmeas (F=19) (M=18)								
CYP1A - WB									
AhR									
CYP1A - mol									
E2F1		> out/inv							
ESR2			> 2018						
HSP			> 2018*						
UGT1									
HPAs prioritários						Não se aplica			
HPAs totais									
PCBs	> macho (F=11) (M=13)								
DDTs	> macho (F=8) (M=12)								
PBDEs									
Mirex									

*2016 n = 12; 2017 n = 13; 2018 n= 9; 2019 n= 7

***Tabela 2** - Quadro resumido dos principais resultados de correlação entre os biomarcadores e os compostos orgânicos analisados em Tursiops truncatus* (em amarelo: com diferença significativa)

	HPAs prioritários	HPAs totais	PCBs	DDTs	PBDEs	Mirex	Correlação teoricamente esperada de acordo com dados de literatura
GST							
CYP1A - WB							
AhR							
CYP1A - mol							
E2F1							
ESR2							
HSP							
UGT1						+	Resultado esperado, considerando que se trata de uma enzima de biotransformação de Fase II (WADE et al., 2002)

Tabela 3 *-Quadro resumido dos principais resultados de correlação observados em Stenella longirostris* (em amarelo: com diferença significativa)

	FATOR								
	Sexo	Sazonalidade	Ano	[16 HPA]	[HPA total]	[DDT]	[PCB]	[Mirex]	[PBDE]
	n fêmeas =32 n machos =10	n out/inv = 13 n prim/verão = 29	2016 = 6 2017 = 20 2018 = 15	n < med = 8 n > med = 8	n < med = 8 n > med = 8	n < med = 7 n > med = 5	n < med = 9 n > med = 5	n < med =11 n > med = 5	n < med = 12 n > med = 4
GST									
CYP1B - WB	> fêmeas								
AhR									
CYP1A - mol									
E2F1			< 2018						
ESR2			< 2018			< (maior med)	< (maior med)		
HSP		> out/inv	< 2017						
UGT1									
HPAs prioritários									Não se aplica
HPAs totais									
PCBs									
DDTs									
PBDEs									
Mirex									

***Tabela 4** - Quadro resumido dos principais resultados de correlação entre os biomarcadores e os compostos orgânicos analisados em Stenella longirostris* (em amarelo: com diferença significativa)

	HPAs prioritários	HPAs totais	PCBs	DDTs	PBDEs	Mirex	Correlação teoricamente esperada de acordo com dados de literatura
GST	-	-					Esta correlação pode ser encontrada como associação positiva ou negativa, dependendo dos níveis de HPAs e tempo de exposição do organismo (LI et al, 2000)
CYP1A - WB							
AhR			-	-			Resultado esperado. DDT diminui a capacidade ligante de AhR ao DNA (Jeong & Kim, 2002). PCBs não planares são antagonistas do AhR (CHEN & BUNCE, 2004).
CYP1A - mol							
E2F1							
ESR2			-	-	-		Resultados esperados pela ação anti-estrogênica destes compostos persistentes (MARTYNIUK et al., 2020)
HSP							
UGT1							

Anexo VI.3-1: *Trabalhos Acadêmicos Desenvolvidos com dados do PMC-BS*

FICHA DE CONTROLE DOS TRABALHOS ACADÊMICOS DO PMC-BS

Última atualização em 25/12/2020

#	AUTOR	TÍTULO	TIPO	EVENTO, REVISTA, INSTITUIÇÃO...	DATA INÍCIO	DATA FIM	AUTORIZA PETROBRAS	DATA PEDIDO	DATA APROVAÇÃO	STATUS	DADOS
1	Paro, A.	Use of passive acoustic data for sperm whale density estimation in Brazil.	Resumo	Bienal Mamíferos Marinhos 2017	mar/17	nov/17	SIM	02/03/2017	03/03/2017	Poster apresentado no congresso.	Detecções cachalote do MAP - Ciclos 1 e 2.
2	Rossi-Santos, M.R.	Using passive acoustic monitoring to understand the behavior and diversity of cetaceans in the southwestern Atlantic Ocean.	Resumo	Bienal Mamíferos Marinhos 2017	mar/17	nov/17	SIM	02/03/2017	03/03/2017	Poster apresentado no congresso.	Assovios da Sonoteca - Ciclos 1 e 2.
3	Azevedo, L.D.	Entre saltos, cliques e borrifos: comparação dos métodos acústicoe visual em um levantamento embarcado de cetáceos.	Monografia	UFSC	jan/17	ago/17	SIM	25/04/2017	26/05/2017	Defesa realizada em junho de 2017.	Ciclos 1 a 4 das Campanhas de Avistagem e MAP.
4			Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado	
5	Bonatto, S.L.	Genômica da origem híbrida de *Stenella clymene* .	Mestrado	PUC-RS	abr/17		SIM	15/05/2017	28/06/2017	Manuscrito aprovado pela Petrobras para submissão.	Amostras genéticas de *Stenella* .
6	Simões-Lopes, P.C.	Bottlenose dolphin ecotypes in the western South Atlantic: exploring the puzzle of dorsal fin shapes, colors and habitats.	Artigo	Aquatic Biology	mai/17	set/19	SIM	05/06/2017	28/06/2017	Manuscrito publicado em setembro de 2019.	Fotografias e dados sobre ocorrência de *Tursiops truncatus* na Bacia de Santos.
7			Resumo	Conferência da European Cetacean Society	dez/18	abr/18	SIM	17/01/2018	29/01/2018	Poster apresentado no congresso.	
8	Dalla-Rosa, L.	Modelagem da densidade e riqueza de espécies de cetáceos na Bacia de Santos.	Doutorado	FURG	mai/17		SIM	01/08/2017	28/08/2017	Projeto em andamento.	Dados de campanhas embarcadas (Telemetria e Avistagem).
9	Cremer, M.	A telemetria no monitoramento de cetáceos da Bacia de Santos - a experiência do PMC/BS.	Palestra	8a ENCOPEMAQ	ago/17	ago/17	SIM	30/07/2017	28/08/2017	Palestra ministrada.	Dados coletados por transmissores satelitais no âmbito do PMC-BS.
10	Paro, A.	Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC - BS).	Palestra	Semana da Biologia UNIVILLE	ago/17	ago/17	SIM	23/08/2017	28/08/2017	Palestra ministrada.	Informações gerais sobre o PMC-BS.
11	Alves, A.K.	Comparação dos assobios do ecótipo costeiro e oceânico de *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) no Sudeste-Sul do Brasil.	Mestrado	UNIVILLE	jan/18	mai/18	SIM	17/01/2018	29/01/2018	Defesa realizada em março de 2018.	Dados acústicos coletados pelo MAP e outras gravações acústicas.
12			Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	
13	Engel, M.	Estudo de viabilidade populacional e exercício de priorização espacial para a conservação de três espécies de grandes baleias no Brasil.	Doutorado	UESC	fev/18		SIM	18/04/2018	11/05/2018	Trabalho em desenvolvimento.	Dados de distribuição da baleia-de-bryde.
14	Azevedo, L.D.	A estrutura populacional de baleias-de-bryde (Balaenoptera brydei) considerando estoques costeiros e oceânicos.	Mestrado	UFSC	mar/18	jun/20	SIM	19/04/2018	11/05/2018	Dissertação defendida em 19/02/2020.	Dados de avistagem embarcada e telemetria, genética, foto-identificação e telemetria satelital da baleia-de-bryde.
15	Caiaffa, M.	Cetáceos e atividade pesqueira na Bacia de Santos: petrechos, espécies vulneráveis e sobreposição espacial.	Monografia	UFSC	jan/18	nov/18	SIM	19/04/2018	11/05/2018	Monografia defendida em novembro de 2018.	Dados sobre cetáceos e atividade de pesca observadas durante as diferentes campanhas do PMC-BS.
16			Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	
17	Cruz, D.S.C.	Ecologia Acústica do golfinho-rotador (Stenella longirostris) na Bacia de Santos.	Monografia	UFRB	abr/18	abr/19	SIM	18/04/2018	19/04/2018	Monografia defendida em fevereiro de 2019.	Dados acústicos da sonoteca de *Stenella longirostris.*
18	Pires, C.	Caracterização dos assovios do golfinho-pintado-Pantropical (Stenella attenuata) (GRAY, 1864).	Monografia	UFRB	abr/18	abr/19	SIM	18/04/2018	19/04/2018	Monografia defendida em fevereiro de 2019.	Dados acústicos da sonoteca de *Stenella attenuata* .
19			Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	

FICHA DE CONTROLE DOS TRABALHOS ACADÊMICOS DO PMC-BS

Última atualização em 25/12/2020

#	AUTOR	TÍTULO	TIPO	EVENTO, REVISTA, INSTITUIÇÃO...	DATA INÍCIO	DATA FIM	AUTORIZA PETROBRAS	DATA PEDIDO	DATA APROVAÇÃO	STATUS	DADOS
20	Paro, A.	Identificação acústica de espécies de cetáceos crípticas na Bacia de Santos.	Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	Dados acústicos coletados pelo MAP nos Ciclos 1 a 6.
21	Rossi-Santos, M.R.	Cetacean acoustic diversity in the South Atlantic Ocean: complementarity of techniques applied to marine conservation.	Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	Dados acústicos coletados por diferentes métodos dos Ciclos 1 a 6.
22	Cypriano-Souza, A.L.	Diversidade genética das grandes baleias na Bacia de Santos, Brasil, baseada em sequências da região controle do DNA mitocondrial e genótipos de microssatélites.	Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	Amostras genéticas de grandes baleias dos Ciclos 1 a 5.
23	Baracho-Neto, C.	Comportamento de mergulho e movimentos de um cachalote (*Physeter macrocephalus*) na região Sul do Brasil.	Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	Dados de um tag satelital implantável colocado em uma cachalote na Campa 5 de Telemetria.
24	Daura-Jorge, F.	Lesões epidérmicas na comunidade de cetáceos da Bacia de Santos, Brasil.	Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	Dados fotográficos usados para foto-identificação dos Ciclos 1 a 6.
25	Olimpio, J.	Diversidade de cetáceos na Bacia de Santos: três anos de dados de um monitoramento com esforço inédito na costa do Brasil em contexto de exploração de petróleo e gás (PMC-BS).	Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	Dados coletados por diferentes metodologias dos Ciclos 1 a 6.
26	Wedekin, L.L.	Avistagens recentes de grandes baleias da Família Balaenopteridae na Bacia de Santos, Brasil.	Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	Dados visuais de grandes baleias coletados nas Campanhas de Avistagem Embarcada e Telemetria dos Ciclos 1 a 6.
27	Cremer, M.	Movimentos do ecótipo oceânico de *Tursiops truncatus* na Bacia de Santos, Brasil.	Resumo	XII RT - Congresso da SOLAMAC	jun/18	nov/18	SIM	22/06/2018	26/06/2018	Resumo apresentado.	Dados coletados por transmissores satelitais de 14 indivíduos da espécie.
28	Versiani, L.	Caracterização e Estudo Comparativo da Efetividade de Diferentes Algoritmos para Detecção dos Sinais Pulsados de Cetáceos da Subfamília Globicephalinae.	Mestrado	UFF / IEAPM	jan/19	ago/19	SIM	05/02/2019	28/05/2019	Dissertação defendida em agosto de 2019.	Cliques de odontocetos coletados durante as Campanhas de Avistagem Embarcada e MAP.
29	Teixeira, F.	Avaliação inicial da diversidade genética do golfinho-pintado-pantropical (Stenella attenuata) no sudoeste do Oceano Atlântico.	Monografia	UFES	jan/19	nov/19	SIM	05/02/2019	28/05/2019	Monografia defendida em novembro de 2019.	Amostras genéticas de *Stenella attenuata* .
30	Oliveira, L.R.	Filogeografia e estruturação populacional cachalotes, Physeter macrocephalus, no Atlântico Sul Ocidental.	Artigo	UNISINOS	jan/19		SIM	05/02/2019	11/02/2019	Em andamento.	Amostras genéticas de cachalote.
31	Fruet, P.	Estrutura populacional de duas espécies de baleias-minke no	Artigo	FURG	jan/19		SIM	05/02/2019	28/05/2019	Em andamento.	Amostras genéticas de baleias-minke.
32	Teodoro, S.S.A.	Population structure of two species of minke whales	Resumo	WMMC 2019	abr/19	nov/19	SIM	30/04/2019	30/04/2019	Resumo apresentado.	Amostras genéticas de baleias-minke.
33	Baracho-Neto, C.	Diving in the deep? Sei whale's dive behavior in the western South Atlantic.	Resumo	WMMC 2019	abr/19	nov/19	SIM	30/04/2019	30/04/2019	Resumo apresentado.	Dados de mergulho da baleia-sei coletados por transmissores satelitais e digitais pelo PMC.
34	Cypriano-Souza, A.L.	High genetic diversity of Southwestern Atlantic sei whales (Balaenoptera borealis) and evidence of strong genetic differentiation with North Atlantic Ocean.	Resumo	WMMC 2019	abr/19	nov/19	SIM	30/04/2019	30/04/2019	Resumo apresentado.	Amostras genéticas coletadas pelo PMC.
35	Hille, D.S.	Notes on the movements and site fidelity of melon-headed-whale (Peponocephala electra) in the South Brazil Bight, South Western Atlantic.	Resumo	WMMC 2019	abr/19	nov/19	SIM	30/04/2019	30/04/2019	Resumo não foi apresentado no congresso por impossibilidade do pesquisador viajar.	Dados de foto-identificação e movimentos por telemetria satelital para golfinho-cabeça-de-melão coletados pelo PMC.
36	Moron, J.	Echolocation clicks of rough-toothed dolphins (Steno bredanensis) at the South Brazil Bight, South Western Atlantic.	Resumo	WMMC 2019	abr/19	nov/19	SIM	30/04/2019	30/04/2019	Resumo apresentado.	Dados bioacústicos coletados pelo MAP para o golfinho-de-dentes-rugoso pelo PMC.

FICHA DE CONTROLE DOS TRABALHOS ACADÊMICOS DO PMC-BS

Última atualização em 25/12/2020

#	AUTOR	TÍTULO	TIPO	EVENTO, REVISTA, INSTITUIÇÃO...	DATA INÍCIO	DATA FIM	AUTORIZA PETROBRAS	DATA PEDIDO	DATA APROVAÇÃO	STATUS	DADOS
37	Oms, G.	Epidermic lesions on the cetacean community of the Santos Basin, Brazil.	Resumo	WMMC 2019	abr/19	nov/19	SIM	30/04/2019	30/04/2019	Resumo apresentado.	Dados de foto-identificação coletadas pelo PMC.
38	Dalpaz, L.	Another brick in the wall: assessing population structure of Bryde's whales (Balaenoptera brydei) through a multi-methods approach.	Resumo	WMMC 2019	abr/19	nov/19	SIM	30/04/2019	30/04/2019	Resumo apresentado.	Dados de movimentos (foto-id e tags), mergulho e distribuição da baleia-de-Bryde coletados pelo PMC.
39	Baracho-Neto, C.	Uso de habitat, movimentos e padrão de mergulho da baleia-sei (Balaenoptera borealis) no Atlântico Sul Ocidental.	Doutorado	UFJF	mai/19		SIM	03/05/2019	28/05/2019	Em andamento.	Dados de movimentos (foto-id e tags), mergulho e distribuição da baleia-sei coletados pelo PMC.
40	Paro, A.	Quem é você? Caracterização, Detecção e Classificação de Sons de Odontocetos na Bacia de Santos.	Doutorado	UFF / IEAPM	mai/19		SIM	03/05/2019	28/05/2019	Em andamento.	Dados bioacústicos coletados pelo PMC.
41	Weir, C.	Migratory movement of a sei whale (*Balaenoptera borealis*) between Brazil and the Falkland Islands (Malvinas).	Artigo	Marine Mammal Science	mai/19	jun/20	SIM	18/06/2019	29/10/2019	Manuscrito publicado na revista MMS.	Dados de foto-identificação da baleia-sei coletados pelo PMC.
42	Paro, A.	Ocorrência e comportamento acústico de um raro golfinho oceânico, a orca-pigmeia (*Feresa attenuata*) na Bacia de Santos.	Resumo	X CBMZ	jun/19	set/19	SIM	18/06/2019	12/08/2019	Resumo apresentado.	Detecções acústicas e visuais, e dados bioacústicos da orca-pigmeia coletadas pelo PMC.
43	Versiani, L.	Diga-me como clicas que te direi quem és: é possível diferenciar os cliques de ecolocalização entre a baleia-piloto e o golfinho-de-Risso?	Resumo	X CBMZ	jun/19	set/19	SIM	18/06/2019	12/08/2019	Resumo apresentado.	Dados bioacústicos da baleia-piloto e golfinho-de-Risso coletados pelo PMC.
44	Correa, T.P.	Aspectos ecológicos das espécies do gênero Stenella (ODONTOCETI: DELPHINIDAE) na Bacia de Santos, no Sul e Sudeste do Brasil.	Projeto de pesquisa	UFSC	mai/20	jun/23	SIM	22/06/2020	28/07/2020	Projeto em execução.	Avistagens de golfinhos do gênero *Stenella* realizados nas diversas campanhas do PMC.
45	Dalpaz, L.	Better Together: Complementarity between visual and acoustic detections when monitoring a cetacean community.	Artigo	Marine Ecology Progress Series	dez/19		SIM	04/03/2020	24/06/2020	Manuscrito em revisão final para submissão.	Detecções visuias e acústicas das campanhas de avistagem e MAP do PMC.
46	Reiter, A.C.	Canto das Baleias-Jubarte na Costa do Brasil: distribuição e habitats críticos.	Projeto de pesquisa	UFBA	mai/20	fev/22	SIM	22/06/2020	28/07/2020	Projeto em execução.	Detecções visuias e acústicas da baleia-jubarte nas campanhas de avistagem e MAP do PMC.
47	Hille, D.S.	Tamanho do corpo de grande baleias Alvos de Caça no Oceano Atlântico Sul Ocidental.	Projeto de pesquisa	UFSC	mai/20	mar/22	SIM	22/06/2020	28/07/2020	Projeto em execução.	Imagens aéreas coletadas por drone durante o PMC-BS seguindo o protocolo de fotogrametria.
48	Neves, M.C.	Ecologia alimentar do golfinho-pintado-do-Atlântico, *Stenella frontalis* (G. Cuvier, 1829) na região sudeste do Brasil.	Projeto de pesquisa	UERJ/MAQUA	jul/20	jul/23	PENDENTE	25/11/2020		Submetido para autorização da Petrobras.	Amostras de pele e gordura coletadas para análises isotópicas.
49	Pires, C.R.	Complexidade acústica na comunicação animal e sua influência na ecologia dos cetáceos.	Projeto de pesquisa	UFRB	nov/20	fev/22	SIM	25/11/2020	26/11/2020	Projeto em execução.	Gravações bioacústicas de cetáceos disponíveis na Sonoteca do SISPMC.
50	Lampa, R.	Ecologia Acústica do gênero Stenella (Cetacea, Mammalia, Delphinidae) na costa brasileira.	Projeto de pesquisa	UFRB	out/20	fev/22	SIM	25/11/2020	26/11/2020	Projeto em execução.	Gravações bioacústicas de cetáceos do gênero *Stenella* disponíveis na Sonoteca do SISPMC.
51	Julião, H.P.	Development of Integrated Line Transect Models.	Projeto de pesquisa	University of Otago	nov/20	nov/22	SIM	25/11/2020	26/11/2020	Projeto em execução.	Dados sobre comportamento de mergulho da baleia-jubarte por DTAGs.
52	Romeu, B.	Effectiveness of reduced sampling rates to investigate ecological aspects of bottlenose dolphins by passive acoustic monitoring.	Projeto de pesquisa	UFSC	jul/20	dez/21	PENDENTE	25/11/2020		Submetido para autorização da Petrobras.	Gravações bioacústicas de *Tursiops truncatus* disponíveis na Sonoteca do SISPMC.
53	Rama, A.C.M.	Prevalência, intensidade e distribuição de *Xenobalanus globicipitis* (Cirripedia: Coronulidae) em cetáceos da Bacia de Santos, Brasil.	Projeto de pesquisa	UFSC	jul/19	mar/21	PENDENTE	25/11/2020		Submetido para autorização da Petrobras.	Fotografias de diferentes espécies disponíveis no acervo de dados de fotoidentificação do PMC.
54	Silva, T. L.	Estruturação populacional e diversidade genética de golfinho-rotador (*Stenella longirostris*) da Bacia de Santos, Atlântico Sul.	Projeto de pesquisa	UFSC	dez/20		PENDENTE	24/12/2020		Submetido para autorização da Petrobras.	Amostras genéticas do golfinho-rotador coletadas no PMC-BS.

FICHA DE CONTROLE DOS TRABALHOS ACADÊMICOS DO PMC-BS

Última atualização em 25/12/2020

#	AUTOR	TÍTULO	TIPO	EVENTO, REVISTA, INSTITUIÇÃO...	DATA INÍCIO	DATA FIM	AUTORIZA PETROBRAS	DATA PEDIDO	DATA APROVAÇÃO	STATUS	DADOS
55	Cypriano-Souza, A.L.	Diversidade genética e estrutura populacional das baleias-sei (*Balaenoptera borealis*) do Atlântico Sul Ocidental e relação filogenética com a população do Atlântico Norte.	Projeto de pesquisa	PUC-RS	dez/20		PENDENTE	24/12/2020		Submetido para autorização da Petrobras.	Amostras genéticas da baleia-sei coletadas no PMC-BS.
56	Valente, R.F.	Estudo de genômica populacional de baleia-piloto tropical (*Globicephala macrorhynchus*).	Projeto de pesquisa		dez/20		PENDENTE	24/12/2020		Submetido para autorização da Petrobras.	Amostras genéticas de *Globicephala macrorhynchus* coletadas durante o PMC-BS.

Anexo VI.3-2: *Relatório de Divulgação dos 5 anos do PMC-BS*

PLANO REGIONAL
COM/CR/SP – SÃO PAULO

PLANO DE DIVULGAÇÃO DOS PROJETOS CONDICIONANTES DA BACIA DE SANTOS

5 ANOS

PROJETO DE MONITORAMENTO DE CETÁCEOS

Outubro / Novembro 2020

PETROBRAS

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Outubro/20

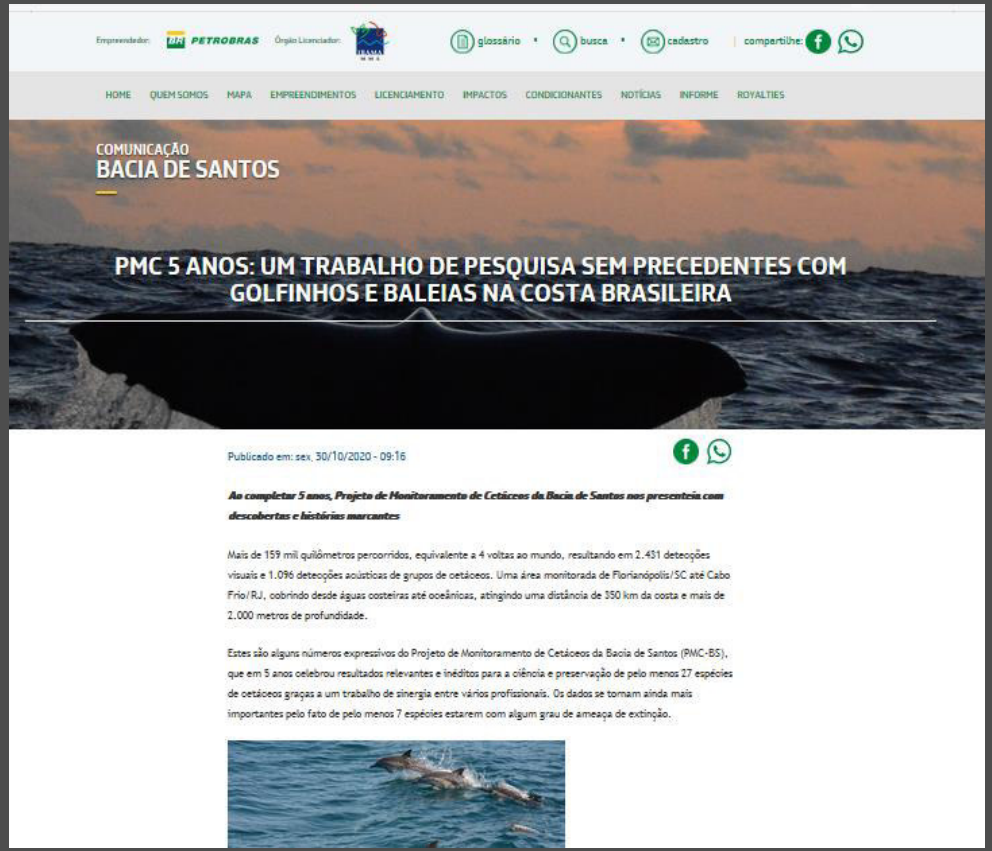
ESTRATÉGIA DE DIVULGAÇÃO:

Owned (Canais próprios)	Shared (Canais compartilhados)	Earned (Canais conquistados)
1. Site Comunica 2. Workplace 3. Whatsapp (piloto do PCSR-BS) 4. Portal Petrobras 5. Site Nossa Energia	1. Redes sociais regional Facebook Instagram LinkedIn	1.Release nacional

1. Divulgação
CANAIS PRÓPRIOS

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Outubro/20



Site Comunica Bacia de Santos
Público: Comunidade, OSC, Poder Público (PCSR-BS)
Data: 30/10/2020
https://www.comunicabaciadesantos.com.br/noticia/pmc-5-anos-um-trabalho-de-pesquisa-sem-precedentes-com-golfinhos-e-

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Outubro/20

Vídeo para WhatsApp
Público: técnicos e agentes de projetos condicionantes do Litoral Norte de SP e Sul do Rio (PCSR-BS)
Data: 30/10/2020

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

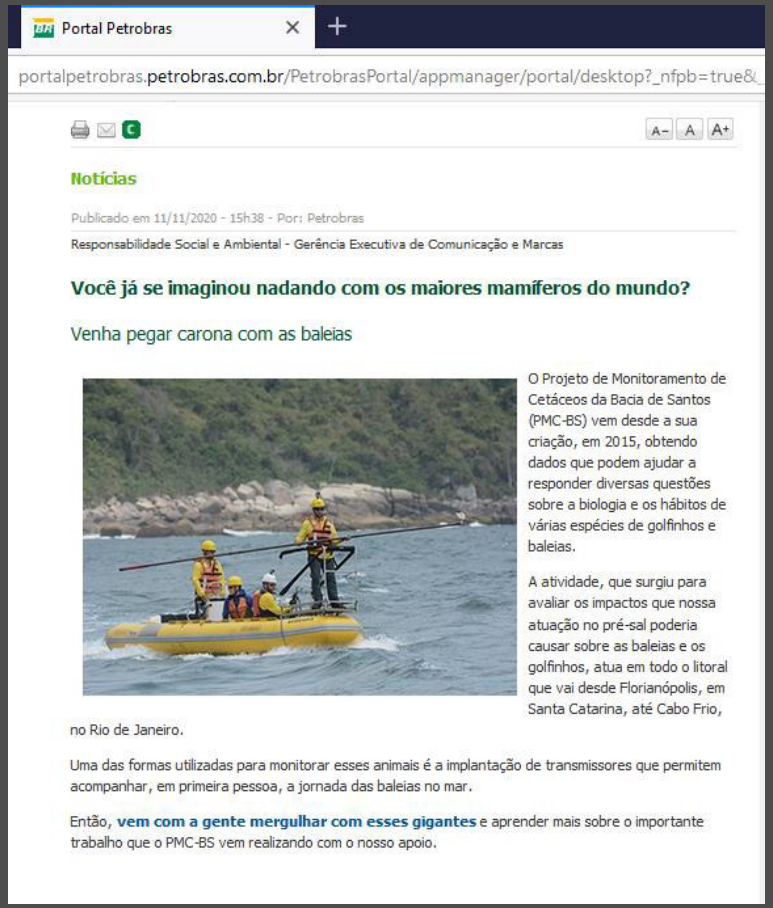
Outubro/20

Workplace
Público: público interno
Data: 30/10/2020
https://petrobras.workplace.com/groups/2021523043762 62/permalink/356078328983658/

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

Portal Petrobras
Público: interno
Data: 11/11/2020



Portal Petrobras

portalpetrobras.petrobras.com.br/PetrobrasPortal/appmanager/portal/desktop?_nfpb=true&

A- A A+

Notícias

Publicado em 11/11/2020 - 15h38 - Por: Petrobras

Responsabilidade Social e Ambiental - Gerência Executiva de Comunicação e Marcas

Você já se imaginou nadando com os maiores mamíferos do mundo?

Venha pegar carona com as baleias

O Projeto de Monitoramento de Cetáceos da Bacia de Santos (PMC-BS) vem desde a sua criação, em 2015, obtendo dados que podem ajudar a responder diversas questões sobre a biologia e os hábitos de várias espécies de golfinhos e baleias.

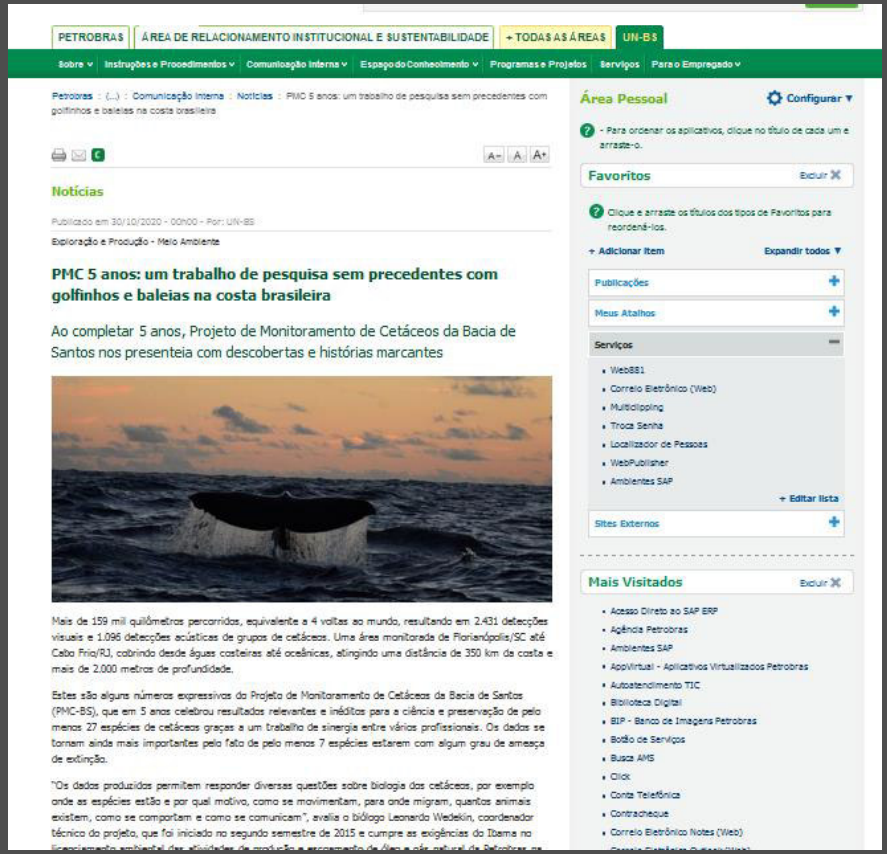
A atividade, que surgiu para avaliar os impactos que nossa atuação no pré-sal poderia causar sobre as baleias e os golfinhos, atua em todo o litoral que vai desde Florianópolis, em Santa Catarina, até Cabo Frio, no Rio de Janeiro.

Uma das formas utilizadas para monitorar esses animais é a implantação de transmissores que permitem acompanhar, em primeira pessoa, a jornada das baleias no mar.

Então, **vem com a gente mergulhar com esses gigantes** e aprender mais sobre o importante trabalho que o PMC-BS vem realizando com o nosso apoio.

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Outubro/20

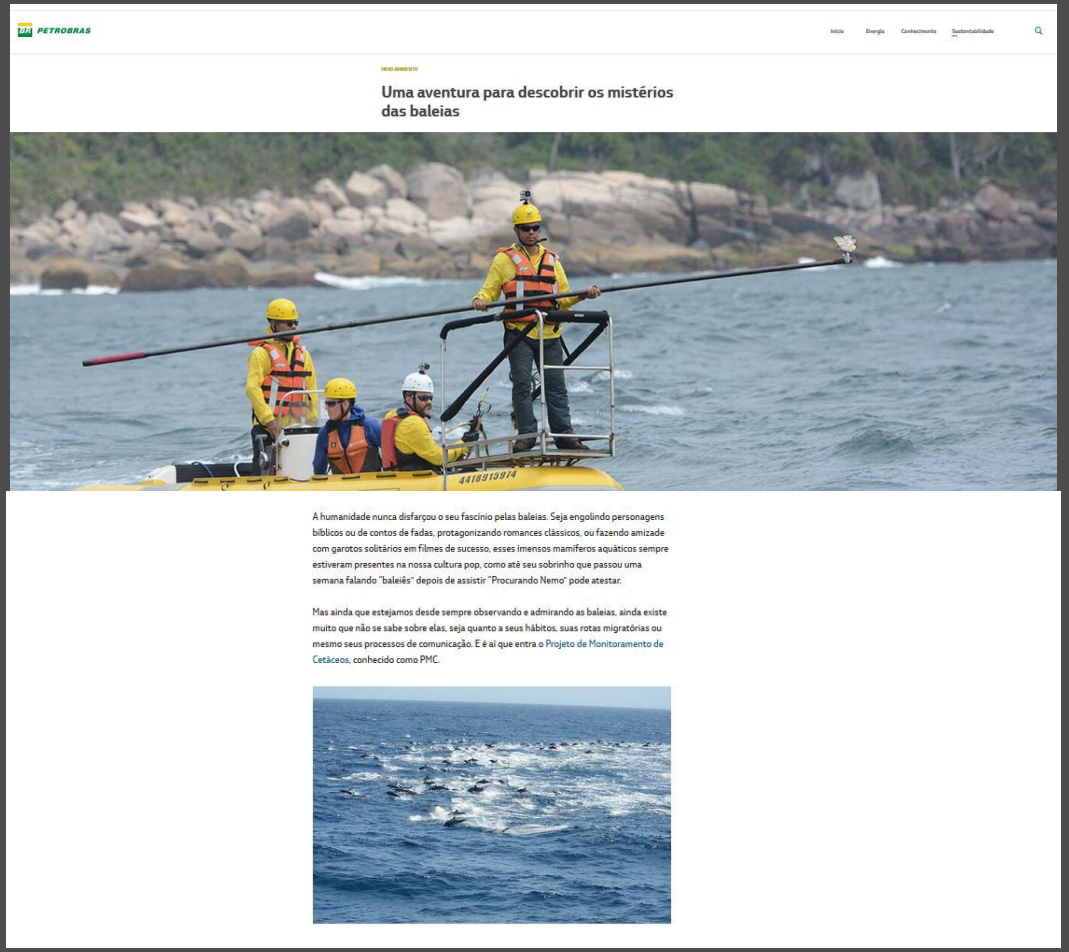


Portal Petrobras – Aba da UN-BS
Público: interno
Data: 30/10/2020

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

Site Nossa Energia
Público: externo (Opinião Pública)
Data: 11/11/2020
https://nossaenergia.petrobras.com.br/pt/sustentabilidade/uma-aventura-para-descobrir-os-misterios-das-baleias/



PETROBRAS

Início Energia Conhecimento Sustentabilidade

Uma aventura para descobrir os mistérios das baleias

A humanidade nunca disfarçou o seu fascínio pelas baleias. Seja engolindo personagens bíblicos ou de contos de fadas, protagonizando romances clássicos, ou fazendo amizade com garotos solitários em filmes de sucesso, esses imensos mamíferos aquáticos sempre estiveram presentes na nossa cultura pop, como até seu sobrinho que passou uma semana falando "baleiês" depois de assistir "Procurando Nemo" pode atestar.

Mas ainda que estejamos desde sempre observando e admirando as baleias, ainda existe muito que não se sabe sobre elas, seja quanto a seus hábitos, suas rotas migratórias ou mesmo seus processos de comunicação. E é aí que entra o Projeto de Monitoramento de Cetáceos, conhecido como PMC.

2. Divulgação

REDES SOCIAIS

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

Facebook
Público: externo (Opinião Pública)
Data: 11/11/2020
Vídeo: 358,1 mil visualizações
Likes: 4,5 mil
Comentários: 165
https://fb.watch/1XIMhOHJlK/

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

Instagram
Público: externo (Opinião Pública)
Data: 11/11/2020
https://www.instagram.com/p/CHdnZNNhZ1T/?igshid=1ezfqybta7aqf

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

LinkedIn
Público: externo (Opinião Pública)
Data: 11/11/2020
Vídeo: 32.559 visualizações
Likes: 825
https://www.linkedin.com/posts/petrobras_energiaparatransformar-pratodosverem-activity-6732386131494621184-lbs6

3. Divulgação

IMPRENSA

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

Jornal Nacional (TV Globo)
06/11/2020

http://monitoring.knewin.com/verNoticia.aspx?c=0&n=46263831&e=858

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

Projeto de monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos completa 5 anos com registro de 27 espécies

Foram realizadas 33 campanhas de coleta de dados e mais de 159 mil quilômetros percorridos

Por **Caroline Lacerda**, às 23:05 - 06/11/2020 | Atualizado às 01:19 - 07/11/2020

00:00 / 01:44

A Petrobrás atingiu a marca de 27 espécies de cetáceos registradas, sendo sete classificadas com algum grau de ameaça de extinção, durante os cinco anos do projeto de monitoramento da Bacia de Santos.

No período, foram realizadas 33 campanhas de coleta de dados e mais de 159 mil quilômetros percorridos, o que corresponde a quase quatro voltas ao redor do planeta.

A região monitorada pelo Projeto de Cetáceos vai de Florianópolis, em Santa Catarina, até Cabo Frio, no Estado do Rio.

Foram mais de 2.431 detecções visuais e 1.096 detecções acústicas de grupos de cetáceos, que englobam golfinhos e baleias com dentes, além das baleias verdadeiras com barbatanas.

Em 2017, o programa fez quatro registros raros de baleias-azuis. (Foto: Agência Petrobras)

Em 2017, o programa fez quatro registros raros de baleias-azuis, espécie considerada a maior da Terra, podendo chegar a mais de 30 metros de comprimento e a pesar 180 toneladas.

Os registros anteriores dessa espécie eram da década de 1960.

Somente dois registros de animais vivos haviam sido realizados no Brasil neste século, sendo estas as primeiras avistagens para a Bacia de Santos.

Band News
07/11/2020

http://monitoring.knewin.com/verNoticia.aspx?c=0&n=46299223&e=858

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

TV Record RJ
18/11/2020

https://monitoring.knewin.com/verNoticia.aspx?c=0&n=46613927&e=858

ANIVERSÁRIO DE 5 ANOS DO PMC-BS

Novembro/20

Links das matérias

Baleias e golfinhos que vivem na Bacia de Santos
Rede Globo | Jornal Nacional

Pesquisadores fazem registros inéditos de baleias e golfinhos no litoral brasileiro
G1.Globo | Jornal Nacional

Pesquisa nacional faz descobertas no oceano
Globo News | Noticias

Petrobras registra 27 espécies de baleias e golfinhos na Bacia de Santos ao longo de 5 anos
TN Petróleo | Noticias

Projeto de Monitoramento Ambiental executado pela Petrobras registra 27 espécies de baleias e golfinhos na Bacia de Santos ao longo de 5 anos
Macaé News | Noticias

Projeto de monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos completa 5 anos com registro de 27 espécies
BandNews | Noticias

Petrobras atinge marca de 27 espécies de cetáceos registradas
Band News (Rio de Janeiro) | Noticias

Petrobras atinge marca de 27 espécies de cetáceos registradas
Band News (Rio de Janeiro) | 11h às 17h

Pesquisadores identificam e monitoram baleias que vivem na costa brasileira
Record (RJ) | Balanço Geral RJ

Projeto coordenado pela Petrobras avalia o desenvolvimento da vida animal diante da exploração do pré-sal
Record - Interior RJ | Balanço Geral

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELO RELATÓRIO

NOME	***José Olimpio da Silva Junior***
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Me.
REGISTRO PROFISSIONAL	09982/03
CADASTRO IBAMA – CTF	311947
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Geral
ASSINATURA	

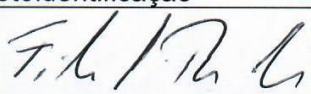
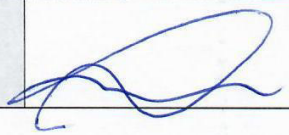
NOME	***Leonardo Liberali Wedekin***
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Dr.
REGISTRO PROFISSIONAL	088478/03
CADASTRO IBAMA – CTF	1643518
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Técnica Geral e Coordenação Temática de Avistagem Embarcada
ASSINATURA	

NOME	***Marcos Roberto Rossi dos Santos***
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Dr.
REGISTRO PROFISSIONAL	92436/05
CADASTRO IBAMA – CTF	201030
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Temática de Monitoramento Acústico Passivo
ASSINATURA	

NOME	***Marta Jussara Cremer***
ÁREA PROFISSIONAL	Bióloga, Dra.
REGISTRO PROFISSIONAL	25595/03
CADASTRO IBAMA – CTF	1921695
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Temática de Telemetria
ASSINATURA	

NOME	***Carolina Bezamat de Abreu***
ÁREA PROFISSIONAL	Bióloga, Dra.
REGISTRO PROFISSIONAL	095666/03
CADASTRO IBAMA – CTF	5559028
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação Temática de Avistagem Aérea – a partir de julho de 2019
ASSINATURA	

NOME	***Ana Lúcia Cypriano de Souza***
ÁREA PROFISSIONAL	Bióloga, Dra.
REGISTRO PROFISSIONAL	044464/04
CADASTRO IBAMA – CTF	4852432
ÁREA RESPONSÁVEL	Coordenação de Análises Genéticas
ASSINATURA	

NOME	***Fabio Gonçalves Daura Jorge***
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Dr.
REGISTRO PROFISSIONAL	058229/03
CADASTRO IBAMA – CTF	2037448
ÁREA RESPONSÁVEL	Fotoidentificação
ASSINATURA	

NOME	***Alexandre Douglas Paro***
ÁREA PROFISSIONAL	Biólogo, Me.
REGISTRO PROFISSIONAL	065771/02
CADASTRO IBAMA – CTF	4335746
ÁREA RESPONSÁVEL	Operação e Processamento de MAP
ASSINATURA