

# ***Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS)***

---


***Relatório Técnico Anual Integrado  
- 2023 - Volume 2***

*Processo administrativo IBAMA N°  
02001.114275/2017-00 (PMP-BS)*

*Janeiro/2025*

# *Relatório Técnico Anual Integrado – 01/01/2023 a 31/12/2023*

*Volume 2: Análise espaço temporal  
integrada, HPA, organohalogenados  
e elementos traço*



*Relatório Técnico  
Revisão 00  
Janeiro/2025*



## **SUMÁRIO**

TABELAS.....	6
FIGURAS.....	16
APRESENTAÇÃO .....	27
5. ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA .....	29
5.1 Metodologia de Análise.....	31
5.1.1 Variáveis ambientais e antrópicas .....	31
5.1.2 Estratificação Espacial.....	41
5.1.3 Estratificação pelo habitat preferencial das espécies .....	44
5.1.4 Recorte temporal .....	44
5.1.5 Análises Estatísticas.....	45
5.2 Resultados e Discussão.....	50
5.2.1 Padrões de Encalhes.....	50
5.2.2 Índice de Saúde.....	86
5.3 Considerações .....	109
5.3.1 Padrões de encalhes .....	109
5.3.2 Índice de Saúde.....	111
5.4 Referências – Análise espaço temporal integrada .....	113
6. HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) E ORGANOHALOGENADOS .....	120
6.1 Introdução .....	120
6.2 Metodologia analítica .....	123
6.2.1 Extração.....	124
6.2.2 Purificação do extrato .....	124
6.2.3 Análise instrumental: HPAs .....	125
6.2.4 Análise instrumental: PCBs e PBDEs.....	127
6.2.5 Análise instrumental: pesticidas organoclorados .....	129
6.3 Resultados .....	131
6.3.1 Quantitativo de amostras de tetrápodes analisadas em 2023 .....	131
6.3.2 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) .....	135
6.3.3 PCB e PBDE.....	147
6.3.4 Pesticidas organoclorados.....	153
6.4 Discussão .....	161
6.4.1 Análise espaço-temporal da ocorrência de HPAs e organohalogenados.....	161
6.4.2 Ocorrência e distribuição de HPA.....	164
6.4.3 Ocorrência e distribuição de contaminantes halogenados .....	181



6.4.4	Variação de HPAs e organohalogenados por sexo e estágio de desenvolvimento .....	188
6.5	Considerações .....	198
6.6	Referências – HPA e organohalogenados .....	200
7.	ELEMENTOS TRAÇO .....	204
7.1	Introdução .....	204
7.2	Métodos .....	206
7.2.1	Recebimento, Preparo e Preservação das Amostras .....	206
7.2.2	Recebimento e Reamostragem .....	207
7.2.3	Pré-tratamento, Fracionamento e Preservação das Amostras .....	207
7.2.4	Métodos de Análise Química .....	208
7.2.5	Determinações .....	209
7.2.6	Tratamento Estatístico dos Resultados .....	215
7.2.7	Informações das amostras recebidas .....	216
7.3	Resultados .....	217
7.3.1	Análise Estatística Preliminar .....	217
7.3.2	Análise Estatística Quantitativa .....	240
7.4	Discussões .....	298
7.4.1	Aves Marinhas .....	298
7.4.2	Tartarugas-marinhas .....	304
7.4.3	Mamíferos Marinhos .....	308
7.5	Considerações .....	312
7.6	Referências – Elementos Traço .....	314

## TABELAS

TABELA 5.1-1 – PARÂMETROS UTILIZADOS NAS ANÁLISES DOS PADRÕES DE ENCALHES. “DP” – DESVIO PADRÃO. ....	41
TABELA 5.2-1 – RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA AVES REGISTRADAS PELO PMP-BS POR MONITORAMENTO TERRESTRE DIÁRIO ENTRE 2017 E 2023. ....	64
TABELA 5.2-2 – RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2023. ....	71
TABELA 5.2-3 – RESUMO DO MODELO FINAL DA ANÁLISE DE RDA PARA MAMÍFEROS REGISTRADOS PELO PMP-BS ENTRE 2017 E 2023. ....	79
TABELA 5.2-4 - QUANTIDADE DE VALORES DO ÍNDICE DE SAÚDE UTILIZADOS NAS ANÁLISES DE GLM. “COM ATEND.” – ANIMAIS QUE PASSARAM POR ATENDIMENTO VETERINÁRIO; “SEM ATEND.” – ANIMAIS QUE NÃO PASSARAM POR ATENDIMENTO VETERINÁRIO. NÃO FORAM INCLUÍDOS ANIMAIS SEM IDENTIFICAÇÃO DE HABITAT. ....	86
TABELA 5.2-5 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE AVES ENTRE 2017 E 2023 QUE NÃO PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	92
TABELA 5.2-6 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE AVES EXCLUINDO AS QUE PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO E PINGUINS-DE-MAGALHÃES. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	95
TABELA 5.2-7 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE TARTARUGAS MARINHAS ENTRE 2017 E 2023. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	98
TABELA 5.2-8 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE TARTARUGAS MARINHAS EXCLUINDO ANIMAIS QUE PASSARAM POR TRATAMENTO E INCLUINDO A IDADE COMO FATOR. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	101
TABELA 5.2-9 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE MAMÍFEROS MARINHOS ENTRE 2017 E 2023. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	103
TABELA 5.2-10 - RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (GLM) PARA O ÍNDICE DE SAÚDE DE MAMÍFEROS MARINHOS ENTRE 2017 E 2023 EXCLUINDO ANIMAIS QUE PASSARAM POR TRATAMENTO E INCLUINDO A IDADE COMO FATOR. “G.L.” – GRAUS DE LIBERDADE. ....	107
TABELA 6.2-1 – EQUIPAMENTOS E CONDIÇÕES UTILIZADAS PELO LABMAM DA PUC-RIO PARA ANÁLISE DE HPA EM TCA DE TETRÁPODES MARINHOS ORIUNDOS DO PMP-BS. .....	126
TABELA 6.2-2 – EQUIPAMENTOS E CONDIÇÕES UTILIZADAS PELO LABMAM DA PUC-RIO PARA ANÁLISE DE PCBs E PBDEs EM TCA DE TETRÁPODES MARINHOS ORIUNDOS DO PMP-BS. ....	128
TABELA 6.2-3 – EQUIPAMENTOS E CONDIÇÕES UTILIZADAS PELO LABMAM DA PUC-RIO PARA ANÁLISE DE PESTICIDAS EM TCA DE TETRÁPODES MARINHOS ORIUNDOS DO PMP-BS. ....	130
TABELA 6.3-1 – QUANTITATIVO (N) DE AMOSTRAS SEGUNDO A CLASSE, ESPÉCIE E TECIDO (TCA = TECIDO ADIPOSEO; TCH = TECIDO HEPÁTICO) QUE TIVERAM AMOSTRAS COLETADAS PARA ANÁLISE DE HPAs E ORGANOHALOGENADOS AO LONGO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	132
TABELA 6.3-2 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE HPAs – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (Máx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE	

AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE HPAS EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	137
TABELA 6.3-3 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE HPAS – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE HPAS EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	139
TABELA 6.3-4 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE PCBs – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE PCBs EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	149
TABELA 6.3-5 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE PCBs – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE PCBs EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	150
TABELA 6.3-6 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE PBDEs – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE PBDEs EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	152
TABELA 6.3-7 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE PBDEs – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE PBDEs EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	153
TABELA 6.3-8 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE $\sum$ DDTs – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE DDTs EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	155
TABELA 6.3-9 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE $\sum$ DDTs – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE DDTs EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	156
TABELA 6.3-10 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE DRINS TOTAIS – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE DRINS EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS.....	156
TABELA 6.3-11 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE DRINS TOTAIS – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE DRINS EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS.....	157
TABELA 6.3-12 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE CLORDANAS TOTAIS – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE	

CLORDANAS EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	157
TABELA 6.3-13 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE CLORDANAS TOTAIS – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE CLORDANAS EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	158
TABELA 6.3-14 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE $\Sigma$ ENDOSULFANS – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE ENDOSULFANS EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	158
TABELA 6.3-15 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE $\Sigma$ ENDOSULFANS – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE ENDOSULFANS EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	159
TABELA 6.3-16 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE $\Sigma$ METOXICLORO – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE METOXICLORO EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	159
TABELA 6.3-17 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE $\Sigma$ METOXICLORO – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE METOXICLORO EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	160
TABELA 6.3-18 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE $\Sigma$ MIREX – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE MIREX EM TCH PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	160
TABELA 6.3-19 – RESULTADOS ESTATÍSTICOS DE $\Sigma$ MIREX – MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MÍNIMO (Mín), MÁXIMO (MÁx), 1º QUARTIL (Q1), 3º QUARTIL (Q3) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) – DE MIREX EM TCA PARA AS AMOSTRAS DE AVES, MAMMALIA E REPTILIA ANALISADAS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	161
TABELA 6.4-1 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA*, DESVIO-PADRÃO (DP), MEDIANA (MED.) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) PARA $\Sigma$ 16HPAS E $\Sigma$ 37HPAS EM AMOSTRAS DE TCH NAS 51 ESPÉCIES DE AVES ANALISADAS ENTRE 2016 E 2023 PELO PMP-BS. ....	166
TABELA 6.4-2 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MEDIANA (MED.) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) PARA $\Sigma$ 16HPAS E $\Sigma$ 37HPAS EM AMOSTRAS DE TCA NAS ESPÉCIES DE AVES ANALISADAS ENTRE 2016 E 2023 PELO PMP-BS. ....	169
TABELA 6.4-3 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MEDIANA (MED.) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) PARA $\Sigma$ 16HPAS E $\Sigma$ 37HPAS EM AMOSTRAS DE TCH NAS 24 ESPÉCIES DE MAMMALIA ANALISADAS ENTRE 2016 E 2023 PELO PMP-BS. ....	173
TABELA 6.4-4 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MEDIANA (MED.) E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS (%>LQ) PARA	

$\Sigma 16\text{HPAS}$ E $\Sigma 37\text{HPAS}$ EM AMOSTRAS DE TCA NAS ESPÉCIES DE MAMMALIA ANALISADAS ENTRE 2016 E 2023 PELO PMP-BS. ....	177
TABELA 6.4-5 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO, MEDIANA E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS ( $\%>\text{LQ}$ ) O PARA $\Sigma 16\text{HPAS}$ E $\Sigma 37\text{HPAS}$ EM AMOSTRAS DE TCA NAS ESPÉCIES DE REPTILIA ANALISADAS ENTRE 2016 E 2023 PELO PMP-BS. ....	180
TABELA 6.4-6 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA, DESVIO-PADRÃO (DP), MEDIANA E PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM COMPOSTOS QUANTIFICÁVEIS ( $\%>\text{LQ}$ ) O PARA $\Sigma 16\text{HPAS}$ E $\Sigma 37\text{HPAS}$ EM AMOSTRAS DE TCH NAS ESPÉCIES DE REPTILIA ANALISADAS ENTRE 2016 E 2023 PELO PMP-BS. ....	180
TABELA 7.1-1 – CONCENTRAÇÕES MÍNIMAS E MÁXIMAS DE ELEMENTOS-TRAÇO ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), EM PESO SECO, EM TECIDO HEPÁTICO DE CETÁCEOS, QUELÔNIOS E AVES MARINHAS (MENEGÁRIO ET AL., 2017). ....	205
TABELA 7.2-1 – NÚMERO DE AMOSTRAS RECEBIDAS E ANALISADAS QUANTO AOS ELEMENTOS TRAÇO EM 2023, POR ÁREA DO PMP-BS, OS NÚMEROS ENTRE PARÊNTESES REPRESENTAM O QUANTITATIVO RECEBIDO PELA PUC-RIO. ....	207
TABELA 7.2-2 – ANÁLISE DAS AMOSTRAS DOLT-3 (DOGFISH LIVER CERTIFIED REFERENCE MATERIAL FOR TRACE METALS, NRCC, CANADÁ) POR ICP-MS (PESO SECO – $\text{MG KG}^{-1}$ ). MÉDIA $\pm$ DESVIO PADRÃO ( $M \pm DP$ ). RECUPERAÇÃO (R%). ....	212
TABELA 7.2-3 – DETERMINAÇÃO DE Hg DOLT-3 (DOGFISH LIVER CERTIFIED REFERENCE MATERIAL FOR TRACE METALS, NRCC, CANADÁ) POR CVAAS (PESO SECO – $\text{MG KG}^{-1}$ ). MÉDIA $\pm$ DESVIO PADRÃO ( $M \pm DP$ ). RECUPERAÇÃO (R%). ....	213
TABELA 7.2-4 – LIMITE DE DETECÇÃO E LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO (PESO SECO – $\text{MG KG}^{-1}$ ) ESTABELECIDOS PARA A DETERMINAÇÃO DOS ANALITOS. ....	214
TABELA 7.2-5 – FREQUÊNCIA POR ESPÉCIE COM AMOSTRAS COLETADAS PARA ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA (JAN.-DEZ./2023). ....	216
TABELA 7.2-6 – FREQUÊNCIA POR LOCALIZAÇÃO DE INDIVÍDUOS QUE TIVERAM AMOSTRAS ANALISADAS DE ELEMENTOS TRAÇO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA (JAN.-DEZ./2023). ....	217
TABELA 7.2-7 – FREQUÊNCIA POR ESTÁGIO DO DESENVOLVIMENTO DOS INDIVÍDUOS QUE TIVERAM AMOSTRAS ANALISADAS DE ELEMENTOS TRAÇO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA (JAN.-DEZ./2023). ....	217
TABELA 7.2-8 – FREQUÊNCIA POR SEXO DE INDIVÍDUOS QUE TIVERAM AMOSTRAS ANALISADAS DE ELEMENTOS TRAÇO NO PERÍODO DE REFERÊNCIA (JAN.-DEZ./2023). ....	217
TABELA 7.3-1 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS DOS ELEMENTOS-TRAÇO ( $N = 156$ ) NO ANO DE 2023, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	219
TABELA 7.3-2 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA LARUS DOMINICANUS DOS ELEMENTOS-TRAÇO ( $N = 20$ ) NO ANO DE 2023, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	219
TABELA 7.3-3 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PHALACROCORAX BRASILIANS DOS ELEMENTOS-TRAÇO ( $N = 11$ ) NO ANO DE 2023, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	220
TABELA 7.3-4 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA CHELONIA MYDAS DOS ELEMENTOS-TRAÇO ( $N = 157$ ) NO ANO DE 2023, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	224
TABELA 7.3-5 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA CARETTA CARETTA DOS ELEMENTOS-TRAÇO ( $N = 11$ ) NO ANO DE 2023, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	225

TABELA 7.3-6 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA SOTALIA GUIANENSIS DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 16) NO ANO DE 2023, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	234
TABELA 7.3-7 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI DOS ELEMENTOS-TRAÇO (N = 47) NO ANO DE 2023, CONSIDERANDO O CRITÉRIO LD / 2 PARA VALORES ABAIXO DO LD. ....	235
TABELA 7.3-8 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA AVES MARINHAS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	241
TABELA 7.3-9 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA MAMÍFEROS MARINHOS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	241
TABELA 7.3-10 – FREQUÊNCIA DE SEXO PARA TARTARUGAS-MARINHAS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	241
TABELA 7.3-11 – VALORES DE Z PARA A COMPARAÇÃO, ENTRE SEXOS, DA MÉDIA LOGARÍTMICA DA CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR DE ACORDO COM AS ESPÉCIES DE AVES (VALOR EM NEGRITO SIGNIFICA VALOR SUPERIOR A $Z_{CRIT} = 1,96$ , VALORES POSITIVOS SIGNIFICAM FÊMEA>MACHO), DAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	242
TABELA 7.3-12 – VALORES DE Z PARA A COMPARAÇÃO, ENTRE SEXOS, DA MÉDIA LOGARÍTMICA DA CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR DE ACORDO COM AS ESPÉCIES DE QUELÔNIOS (VALOR EM NEGRITO SIGNIFICA VALOR SUPERIOR A $Z_{CRIT} = 1,96$ , VALORES POSITIVOS SIGNIFICAM FÊMEA>MACHO), DAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	243
TABELA 7.3-13 – VALORES DE Z PARA A COMPARAÇÃO, ENTRE SEXOS, DA MÉDIA LOGARÍTMICA DA CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR DE ACORDO COM AS ESPÉCIES DE MAMÍFEROS (VALOR EM NEGRITO SIGNIFICA VALOR SUPERIOR A $Z_{CRIT} = 1,96$ , VALORES POSITIVOS SIGNIFICAM FÊMEA>MACHO), DAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	244
TABELA 7.3-14 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA AVES MARINHAS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	244
TABELA 7.3-15 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA MAMÍFEROS MARINHOS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	245
TABELA 7.3-16 – FREQUÊNCIA DE ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO PARA TARTARUGAS-MARINHAS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	245
TABELA 7.3-17 – VALORES DE Z PARA A COMPARAÇÃO, ENTRE ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTOS (ADULTO/JOVEM), DA MÉDIA LOGARÍTMICA DA CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR DE ACORDO COM AS ESPÉCIES DE AVES (VALOR EM NEGRITO SIGNIFICA VALOR SUPERIOR A $Z_{CRIT} = 1,96$ ), DAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	246
TABELA 7.3-18 – VALORES DE Z PARA A COMPARAÇÃO, ENTRE ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTOS (ADULTO/JOVEM), DA MÉDIA LOGARÍTMICA DA CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR PARA A ESPÉCIE CARETTA CARETTA (VALOR EM NEGRITO SIGNIFICA VALOR SUPERIOR A $Z_{CRIT} = 1,96$ ), NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	246
TABELA 7.3-19 – VALORES DE Z PARA A COMPARAÇÃO, ENTRE ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTOS (ADULTO/JOVEM/FILHOTE), DA MÉDIA LOGARÍTMICA DA CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR PARA A ESPÉCIE SOTALIA GUIANENSIS (VALOR EM NEGRITO SIGNIFICA VALOR SUPERIOR A $Z_{CRIT} = 1,96$ ), DAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	247
TABELA 7.3-20 – VALORES DE Z PARA A COMPARAÇÃO, ENTRE ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTOS (ADULTO/JOVEM/FILHOTE), DA MÉDIA LOGARÍTMICA DA	



CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR PARA A ESPÉCIE PONTOPORIA BLAINVILLEI (VALOR EM NEGRITO SIGNIFICA VALOR SUPERIOR A $Z_{CRIT} = 1,96$ ), DAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	248
TABELA 7.3-21 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA SPHENISCUS MAGELLANICUS NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	249
TABELA 7.3-22 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA A ESPÉCIE PONTOPORIA BLAINVILLEI NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	249
TABELA 7.3-23 – FREQUÊNCIA DE LOCAL PARA CHELONIA MYDAS, NAS AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	249
TABELA 7.3-24 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA ARSÊNIO NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	250
TABELA 7.3-25 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE ARSÊNIO NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%), <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	251
TABELA 7.3-26 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA CÁDMIO NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	251
TABELA 7.3-27 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE CÁDMIO NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	251
TABELA 7.3-28 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA COBRE NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	252
TABELA 7.3-29 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE COBRE NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	252
TABELA 7.3-30 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MANGANÊS NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	252
TABELA 7.3-31 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MANGANÊS NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	252
TABELA 7.3-32 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MOLIBDÊNIO NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	253
TABELA 7.3-33 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MOLIBDÊNIO NOS INDÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM	

VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023.....	253
TABELA 7.3-34 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA ZINCO NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	253
TABELA 7.3-35 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE ZINCO NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	253
TABELA 7.3-36 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA VANÁDIO NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	254
TABELA 7.3-37 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE VANÁDIO NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	254
TABELA 7.3-38 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MERCÚRIO NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	254
TABELA 7.3-39 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MERCÚRIO NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023.....	254
TABELA 7.3-40 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA ARSÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	255
TABELA 7.3-41 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE ARSÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	255
TABELA 7.3-42 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA CÁDMIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	256
TABELA 7.3-43 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE CÁDMIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	256
TABELA 7.3-44 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA COBRE NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	257
TABELA 7.3-45 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE COBRE NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM	



VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	257
TABELA 7.3-46 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA CHUMBO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	257
TABELA 7.3-47 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE CHUMBO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	258
TABELA 7.3-48 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MANGANÊS NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	258
TABELA 7.3-49 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MANGANÊS NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	258
TABELA 7.3-50 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MOLIBDÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	259
TABELA 7.3-51 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MOLIBDÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	259
TABELA 7.3-52 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA ZINCO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	260
TABELA 7.3-53 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE ZINCO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	260
TABELA 7.3-54 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA NÍQUEL NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	260
TABELA 7.3-55 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE NÍQUEL NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	261
TABELA 7.3-56 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA VANÁDIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	261
TABELA 7.3-57 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE VANÁDIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM	

VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	262
TABELA 7.3-58 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MERCÚRIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	262
TABELA 7.3-59 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MERCÚRIO NOS INDIVÍDUOS DE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	262
TABELA 7.3-60 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA ARSÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	263
TABELA 7.3-61 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE ARSÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	263
TABELA 7.3-62 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA COBRE NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	264
TABELA 7.3-63 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE COBRE NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	264
TABELA 7.3-64 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MANGANÊS NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	264
TABELA 7.3-65 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MANGANÊS NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	265
TABELA 7.3-66 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MOLIBDÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	265
TABELA 7.3-67 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MOLIBDÊNIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	265
TABELA 7.3-68 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA ZINCO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	266

TABELA 7.3-69 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE ZINCO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	266
TABELA 7.3-70 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ENCONTRADAS PARA MERCÚRIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (VALORES EM MG/KG), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	267
TABELA 7.3-71 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE MERCÚRIO NOS INDIVÍDUOS DE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES LOCAIS DE COLETA (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES), PARA AMOSTRAS ANALISADAS PARA ELEMENTOS TRAÇO NO ANO DE 2023. ....	267
TABELA 7.3-72 – MEDIANA DAS CONCENTRAÇÕES DOS ELEMENTOS-TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE SPHENISCUS MAGELLANICUS NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS E ELEMENTOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO (>LD, N ≥ 4). VALORES EM MG/KG. ....	268
TABELA 7.3-73 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE HG NOS INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES). ....	272
TABELA 7.3-74 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS-TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE LARUS DOMINICANUS NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO (>LD, N ≥ 4). ....	273
TABELA 7.3-75 – TESTE COMPARATIVO PARA AS MÉDIAS GEOMÉTRICAS DE HG NOS INDIVÍDUOS DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (= SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE IGUAIS (95%) E <> SIGNIFICAM VALORES ESTATISTICAMENTE DIFERENTES). ....	278
TABELA 7.3-76 – MEDIANA DOS ELEMENTOS-TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE CARETTA CARETTA NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO (>LD, N ≥ 4). ....	278
TABELA 7.3-77 – MEDIANA DOS ELEMENTOS-TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE CHELONIA MYDAS NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO (>LD, N ≥ 4). ....	284
TABELA 7.3-78 – MEDIANA DOS ELEMENTOS-TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE PONTOPORIA BLAINVILLEI NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO (>LD, N ≥ 4). ....	289
TABELA 7.3-79 – MEDIANA DOS ELEMENTOS-TRAÇO ANALISADOS EM AMOSTRAS DE TECIDO HEPÁTICO DE INDIVÍDUOS DA ESPÉCIE SOTALIA GUIANENSIS NOS DIFERENTES ANOS DE COLETA, CONSIDERANDO SOMENTE OS ANOS COM N AMOSTRAL ADEQUADO (>LD, N ≥ 4). ....	294
TABELA 7.4-1 – CONCENTRAÇÕES MÉDIAS (MG KG <sup>-1</sup> ) DE ELEMENTOS-TRAÇO RELATADOS PARA PONTOPORIA BLAINVILLEI. ....	308
TABELA 7.4-2 – CONCENTRAÇÕES (MG KG <sup>-1</sup> ) DE ELEMENTOS- TRAÇO RELATADOS PARA SOTALIA GUIANENSIS. ....	312

## FIGURAS

FIGURA 5.1-1 – EXEMPLO DE CÁLCULO DOS PARÂMETROS DE (A) COMPRIMENTO DA PRAIA NÃO LINEAR (LETRA C) E LINEAR (LETRA D) E (B) CÁLCULO DO ÂNGULO DE EXPOSIÇÃO DAS PRAIAS (A SETA INDICA A ORIENTAÇÃO CALCULADA). ....	34
FIGURA 5.1-2 – EXEMPLO DE CÁLCULO DA DISTÂNCIA DA PRAIA DE SÃO FRANCISCO DO SUL ÀS ATIVIDADES DE E&P NA BACIA DE SANTOS, SENDO QUE O CENTRO DE MAIOR INTENSIDADE DE INSTALAÇÕES DE UNIDADES DE PRODUÇÃO NO POLO PRÉ-SAL ESTÁ REPRESENTADO NA “ÁREA CONVEXA DE UPS” (POLO DE PRODUÇÃO). ....	37
FIGURA 5.1-3 – MAPAS DA MÉDIA DA INTENSIDADE DE TRÁFEGO DE EMBARCAÇÕES PARA TODO O PERÍODO DE JANEIRO A DEZEMBRO DE 2023: (A) EMBARCAÇÕES DA PETROBRAS; (B) EMBARCAÇÕES DE TERCEIROS. AS CORES REPRESENTAM A QUANTIDADE DE QUILOMETROS NAVEGADOS EM CADA QUADRANTE EM TODO O PERÍODO. ....	39
FIGURA 5.1-4 – ÁREAS AMOSTRAIS (MESORREGIÕES) UTILIZADAS PARA AGRUPAR AS PRAIAS PARA AS ANÁLISES E EXTENSÕES DOS LIMITES DAS MESORREGIÕES NA PLATAFORMA ADJACENTE PARA OS ESTADOS DE SANTA CATARINA E PARANÁ. ....	42
FIGURA 5.1-5 – ÁREAS AMOSTRAIS (MESORREGIÕES) UTILIZADAS PARA AGRUPAR AS PRAIAS PARA AS ANÁLISES E EXTENSÕES DOS LIMITES DAS MESORREGIÕES NA PLATAFORMA ADJACENTE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. ....	43
FIGURA 5.1-6 – ÁREAS AMOSTRAIS (MESORREGIÕES) UTILIZADAS PARA AGRUPAR AS PRAIAS PARA AS ANÁLISES E EXTENSÕES DOS LIMITES DAS MESORREGIÕES NA PLATAFORMA ADJACENTE PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO. ....	43
FIGURA 5.1-7 – CORRELOGRAMA ENTRE OS VALORES MÉDIOS PARA 2023, DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS ESTRATIFICADAS POR PROFUNDIDADE, UTILIZADAS NA RDA. TONS DE VERMELHO INDICAM CORRELAÇÃO POSITIVA, TONS DE ROXO CORRELAÇÃO NEGATIVA. ....	47
FIGURA 5.1-8 – CORRELOGRAMA ENTRE OS DESVIOS PADRÕES DE 2023 DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS ESTRATIFICADAS POR PROFUNDIDADE, UTILIZADAS NA RDA. TONS DE ROXO INDICAM CORRELAÇÃO POSITIVA, TONS DE VERDE CORRELAÇÃO NEGATIVA. ....	48
FIGURA 5.2-1 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR ANO, (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES ( <i>SPHENISCUS MAGELLANICUS</i> ), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE. ....	51
FIGURA 5.2-2 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR TRIMESTRE (PERÍODO DE 2017 A 2023), (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES ( <i>SPHENISCUS MAGELLANICUS</i> ), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE. ....	53
FIGURA 5.2-3 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE AVES REGISTRADAS POR MESORREGIÃO (PERÍODO DE 2017 A 2023), (A) INCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES ( <i>SPHENISCUS MAGELLANICUS</i> ), E (B) SEM INCLUIR ESTA ESPÉCIE. MESORREGIÕES ORDENADAS DE SUL (ESQUERDA) PARA NORTE (DIREITA) ....	55
FIGURA 5.2-4 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS POR (A) ANO E (B) TRIMESTRE. ....	57
FIGURA 5.2-5 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE MAMÍFEROS REGISTRADOS POR MESORREGIÃO (PERÍODO DE 2017 A 2023). MESORREGIÕES ORDENADAS DE SUL (ESQUERDA) PARA NORTE (DIREITA). ....	59
FIGURA 5.2-6 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADAS POR (A) ANO E (B) TRIMESTRE. ....	61
FIGURA 5.2-7 – MAPA DE CALOR DA QUANTIDADE DE EXEMPLARES DE TARTARUGAS MARINHAS REGISTRADAS POR MESORREGIÃO (PERÍODO DE 2017 A 2023). ....	63

FIGURA 5.2-8 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: VARIÁVEIS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVAS. NENHUMA VARIÁVEL ANTRÓPICA APRESENTOU SIGNIFICÂNCIA NA ANÁLISE. ....	66
FIGURA 5.2-9 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: MESORREGIÕES. ....	67
FIGURA 5.2-10 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: TRIMESTRES. ....	68
FIGURA 5.2-11 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: ANOS. ....	69
FIGURA 5.2-12 – RESULTADOS DA RDA PARA AVES: ESPÉCIES. ....	70
FIGURA 5.2-13 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS SIGNIFICATIVAS. ....	73
FIGURA 5.2-14 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: MESORREGIÕES. ....	74
FIGURA 5.2-15 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: TRIMESTRES. ..	75
FIGURA 5.2-16 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: ANOS. ....	76
FIGURA 5.2-17 – RESULTADOS DA RDA PARA TARTARUGAS MARINHAS: ESPÉCIES. ....	77
FIGURA 5.2-18 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ANTRÓPICAS SIGNIFICATIVAS. ....	81
FIGURA 5.2-19 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: MESORREGIÕES. ....	82
FIGURA 5.2-20 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: TRIMESTRES. ....	83
FIGURA 5.2-21 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: ANOS. ....	84
FIGURA 5.2-22 – RESULTADOS DA RDA PARA MAMÍFEROS: ESPÉCIES. ....	85
FIGURA 5.2-23 – MAPA DE CALOR COM A DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE EXEMPLARES POR MESORREGIÃO, TRIMESTRE E ANO NO PMP-BS ONDE FOI POSSÍVEL CALCULAR O IS PARA (A) AVES, (B) MAMÍFEROS, E (C) TARTARUGAS MARINHAS. QUADRANTES EM CINZA INDICAM AUSÊNCIA DE DADOS. NÃO FORAM INCLUÍDOS ANIMAIS QUE PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO. ....	89
FIGURA 5.2-24 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE AVES MARINHAS. ....	93
FIGURA 5.2-25 – ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA AVES QUE NÃO PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2023 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	94
FIGURA 5.2-26 - ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA AVES, EXCLUINDO PINGUINS-DE-MAGALHÃES E ANIMAIS QUE PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2023 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	96
FIGURA 5.2-27 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DO GLM DE TARTARUGAS MARINHAS. ....	98
FIGURA 5.2-28 – ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA TARTARUGAS MARINHAS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2023 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	100
FIGURA 5.2-29 - ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA TARTARUGAS MARINHAS, EXCLUINDO EXEMPLARES QUE PASSARAM POR TRATAMENTO VETERINÁRIO ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2023 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	102
FIGURA 5.2-30 – DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS DAS ANÁLISES DE GLM DE MAMÍFEROS MARINHOS. ....	104
FIGURA 5.2-31 – ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA MAMÍFEROS MARINHOS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2023 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS. ....	105
FIGURA 5.2-32 – ANÁLISE DE GLM DO ÍNDICE DE SAÚDE PARA MAMÍFEROS MARINHOS, ENTRE OS ANOS DE 2017 E 2023 EM TODAS AS MESORREGIÕES DO PMP-BS, INCLUINDO A IDADE COMO FATOR. ....	108
FIGURA 6.3-1 – CONTAGEM DE INDIVÍDUOS COM TCH COLETADO POR MESORREGIÃO DO PMP-BS NO ANO DE 2023. ....	134
FIGURA 6.3-2 – CONTAGEM DE INDIVÍDUOS COM TCA COLETADO POR MESORREGIÃO DO PMP-BS NO ANO DE 2023. ....	135



FIGURA 6.3-3 – HISTOGRAMA DE OCORRÊNCIA DE HPAS NO TCH DOS 162 INDIVÍDUOS DE SPHENISCUS MAGELLANICUS (PINGUIM-DE-MAGALHÃES) ANALISADOS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	141
FIGURA 6.3-4 – HISTOGRAMA DE OCORRÊNCIA DE HPAS NO TCH PARA O CONJUNTO DE TRÊS INDIVÍDUOS DE CARETTA CARETTA (TARTARUGA-COMUM) ENTRE OS 24 INDIVÍDUOS COLETADOS NO ANO DE 2023 PELO PMP-BS. VALORES MEDIANOS (BARRAS), 1º E 3º PERCENTIS (CAIXAS), MIN/MÁX. (TRAÇOS) E EXTREMOS (PONTOS). ....	145
FIGURA 6.3-5 – HISTOGRAMA DE OCORRÊNCIA DE HPAS NO TCH PARA 233 AMOSTRAS DE CHELONIA MYDAS (TARTARUGA-VERDE) COLETADAS ENTRE SETEMBRO E DEZEMBRO DE 2023 PELO PMP-BS. ....	146
FIGURA 6.4-1 – DIAGRAMAS DE OCORRÊNCIA EM CADA MESORREGIÃO DE (I) TOTAL DE INDIVÍDUOS COM AMOSTRAS COLETADAS PARA ANÁLISE DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS NO PERÍODO 2016-2023 E (II) POR CLASSE APENAS PARA O ANO DE 2023. ....	163
FIGURA 6.4-2 – DIAGRAMA RADIAL COM AS CONCENTRAÇÕES DE HPAS ( $\Sigma 16$ HPAS E $\Sigma 37$ HPAS) EM CADA MESORREGIÃO POR ANO ENTRE 2016 E 2023 PARA TCH EM AVES (N = 2.631) ANALISADAS PELO PMP-BS. NAS AMOSTRAS COM RESULTADO <LQ, FOI CONSIDERADO O VALOR ZERO NO CÁLCULO DA MÉDIA.....	170
FIGURA 6.4-3 – DIAGRAMA RADIAL COM AS CONCENTRAÇÕES DE HPAS ( $\Sigma 16$ HPAS E $\Sigma 37$ HPAS) EM CADA MESORREGIÃO POR ANO ENTRE 2016 E 2023 PARA TCH EM MAMMALIA (N = 404) COLETADAS PELO PMP-BS. ....	175
FIGURA 6.4-4– DIAGRAMA RADIAL COM AS CONCENTRAÇÕES DE HPAS ( $\Sigma 16$ HPAS E $\Sigma 37$ HPAS) EM CADA MESORREGIÃO POR ANO ENTRE 2016 E 2023 PARA TCH EM REPTILIA (N = 1.422) COLETADAS PELO PMP-BS.....	181
FIGURA 6.4-5 – CONCENTRAÇÕES MÉDIA E MEDIANA DE $\Sigma$ PCBS (PAINEL SUPERIOR) E $\Sigma$ DDT (PAINEL INFERIOR) CONSIDERANDO TODAS AS AMOSTRAS DE TCH DE AVES COLETADA PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. VALORES EM NG G <sup>-1</sup> (PESO ÚMIDO). ....	184
FIGURA 6.4-6– DISTRIBUIÇÃO DOS CONGÊNERES CLORADOS DE PCBs EM TCH AVES DURANTE 2016-2023 NO PMP-BS.....	185
FIGURA 6.4-7– CONCENTRAÇÕES MÉDIA E MEDIANA DE $\Sigma$ PCBS (PAINEL SUPERIOR) E $\Sigma$ DDT (PAINEL INFERIOR) CONSIDERANDO TODAS AS AMOSTRAS DE TCH DE ANIMAIS DA CLASSE MAMMALIA COLETADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. VALORES EM NG G <sup>-1</sup> (PESO ÚMIDO). ....	187
FIGURA 6.4-8 – CONTAGEM DE AMOSTRAS DE TCH DE AVES SEGUNDO O SEXO DOS ANIMAIS, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. ....	189
FIGURA 6.4-9 – CONTAGEM DE AMOSTRAS DE TCH DE MAMMALIA SEGUNDO O SEXO DOS ANIMAIS, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. ....	190
FIGURA 6.4-10 – CONTAGEM DE AMOSTRAS DE TCH DE REPTILIA SEGUNDO O SEXO DOS ANIMAIS, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. ....	190
FIGURA 6.4-11 – TECIDO HEPÁTICO: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO (NG G <sup>-1</sup> ; ESCALA LOG) DE HPAS (A), PCB (B) E DDTs (C) PARA AS TRÊS CLASSES DE TETRÁPODES EM FUNÇÃO DE SEXO, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. SÃO CONSIDERADAS APENAS AS ESPÉCIES COM MAIS DE 50 AMOSTRAS COLETADAS EM TODO O PERÍODO (VER TEXTO PARA DETALHES). LEGENDA: MEDIANA (LINHA HORIZONTAL), PERCENTIS (CAIXAS), FAIXA ENTRE OUTLIERS (WHISKERS) E OUTLIERS (PONTOS PRETOS); PONTOS VAZADOS	

REPRESENTAM CADA AMOSTRA INDIVIDUAL. O NÚMERO TOTAL DE DADOS DE CADA CONTAMINANTE APARECE ACIMA DA BARRA CORRESPONDENTE.....	192
FIGURA 6.4-12– TECIDO ADIPOSEO: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO (NG G <sup>-1</sup> ; ESCALA LOG) DE HPAS (A), PCB (B) E DDTs (C) PARA AS TRÊS CLASSES DE TETRÁPODES EM FUNÇÃO DE SEXO, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. SÃO CONSIDERADAS APENAS AS ESPÉCIES COM MAIS DE 50 AMOSTRAS COLETADAS EM TODO O PERÍODO (VER TEXTO PARA DETALHES). LEGENDA: MEDIANA (LINHA HORIZONTAL), PERCENTIS (CAIXAS), FAIXA ENTRE OUTLIERS (WHISKERS) E OUTLIERS (PONTOS PRETOS); PONTOS VAZADOS REPRESENTAM CADA AMOSTRA INDIVIDUAL. O NÚMERO TOTAL DE DADOS DE CADA CONTAMINANTE APARECE ACIMA DA BARRA CORRESPONDENTE.....	194
FIGURA 6.4-13 – CONTAGEM DE AMOSTRAS DE TCH NAS TRÊS CLASSES DE TETRÁPODES SEGUNDO O ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO DO ANIMAL, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023.....	195
FIGURA 6.4-14 – TECIDO HEPÁTICO: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO (NG G <sup>-1</sup> ; ESCALA LOG) DE HPAS (A), PCB (B) E DDTs (C) PARA AS TRÊS CLASSES DE TETRÁPODES EM FUNÇÃO DO ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. LEGENDA: MEDIANA (LINHA HORIZONTAL), PERCENTIS (CAIXAS), FAIXA ENTRE OUTLIERS (WHISKERS) E OUTLIERS (PONTOS PRETOS); PONTOS VAZADOS REPRESENTAM CADA AMOSTRA INDIVIDUAL. O NÚMERO TOTAL DE DADOS DE CADA CONTAMINANTE APARECE ACIMA DA BARRA CORRESPONDENTE.....	196
FIGURA 6.4-15 – CONTAGEM DE AMOSTRAS DE TCA NAS TRÊS CLASSES DE TETRÁPODES SEGUNDO O ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO DO ANIMAL, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023.....	197
FIGURA 6.4-16 – TECIDO ADIPOSEO: VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO (NG G <sup>-1</sup> ; ESCALA LOG) DE HPAS (A), PCB (B) E DDTs (C) PARA AS TRÊS CLASSES DE TETRÁPODES EM FUNÇÃO DO ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO, CONSIDERANDO RESULTADOS GERADOS PELO PMP-BS ENTRE 2016 E 2023. LEGENDA: MEDIANA (LINHA HORIZONTAL), PERCENTIS (CAIXAS), FAIXA ENTRE OUTLIERS (WHISKERS) E OUTLIERS (PONTOS PRETOS); PONTOS VAZADOS REPRESENTAM CADA AMOSTRA INDIVIDUAL. O NÚMERO TOTAL DE DADOS DE CADA CONTAMINANTE APARECE ACIMA DA BARRA CORRESPONDENTE.....	198
FIGURA 7.3-1 GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AVES DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	221
FIGURA 7.3-2 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AVES DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	222
FIGURA 7.3-3 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM AVES DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	223
FIGURA 7.3-4 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM AVES DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	223
FIGURA 7.3-5 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA	

SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	226
FIGURA 7.3-6 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	226
FIGURA 7.3-7 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	227
FIGURA 7.3-8 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	227
FIGURA 7.3-9 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	228
FIGURA 7.3-10 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	228
FIGURA 7.3-11 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Ni EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	229
FIGURA 7.3-12 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Pb EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	229
FIGURA 7.3-13 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	230
FIGURA 7.3-14 GRÁFICO DE CAIXAS PARA Zn EM QUELÔNIOS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	230
FIGURA 7.3-15 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM AVES DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	231
FIGURA 7.3-16 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM AVES DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	232
FIGURA 7.3-17 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AVES DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	233
FIGURA 7.3-18 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Zn EM AVES DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO	



DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	234
FIGURA 7.3-19 - GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	237
FIGURA 7.3-20 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	237
FIGURA 7.3-21 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	238
FIGURA 7.3-22 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	238
FIGURA 7.3-23 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	239
FIGURA 7.3-24 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	239
FIGURA 7.3-25 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	240
FIGURA 7.3-26 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Zn EM MAMÍFEROS DURANTE O ANO DE 2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).....	240
FIGURA 7.3-27 GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). ....	268
FIGURA 7.3-28 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). ....	269
FIGURA 7.3-29 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). ....	269
FIGURA 7.3-30 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º	

E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	270
FIGURA 7.3-31 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA MO EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	270
FIGURA 7.3-32 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	271
FIGURA 7.3-33 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	271
FIGURA 7.3-34 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA HG EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SPHENISCUS MAGELLANICUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	272
FIGURA 7.3-35 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	274
FIGURA 7.3-36 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	274
FIGURA 7.3-37 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	275
FIGURA 7.3-38 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	275
FIGURA 7.3-39 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	276
FIGURA 7.3-40 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Zn EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	276

FIGURA 7.3-41 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	277
FIGURA 7.3-42 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE LARUS DOMINICANUS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	277
FIGURA 7.3-43 GRÁFICO DE CAIXAS PARA As EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	279
FIGURA 7.3-44 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	280
FIGURA 7.3-45 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	280
FIGURA 7.3-46 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Pb EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	281
FIGURA 7.3-47 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	281
FIGURA 7.3-48 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	282
FIGURA 7.3-49 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Zn EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	282
FIGURA 7.3-50 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	283
FIGURA 7.3-51 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CARETTA CARETTA AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS,	

AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	283
FIGURA 7.3-52 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	285
FIGURA 7.3-53 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cd EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	285
FIGURA 7.3-54 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Cu EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	286
FIGURA 7.3-55 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Pb EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	286
FIGURA 7.3-56 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mn EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	287
FIGURA 7.3-57 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Mo EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	287
FIGURA 7.3-58 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Zn EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	288
FIGURA 7.3-59 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	288
FIGURA 7.3-60 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE CHELONIA MYDAS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	289
FIGURA 7.3-61 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA As EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	290

FIGURA 7.3-62 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA CU EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	291
FIGURA 7.3-63 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA MN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	291
FIGURA 7.3-64 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA MO EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	292
FIGURA 7.3-65 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	292
FIGURA 7.3-66 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	293
FIGURA 7.3-67 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA HG EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE PONTOPORIA BLAINVILLEI AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	293
FIGURA 7.3-68 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA AS EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	294
FIGURA 7.3-69 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA CU EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	295
FIGURA 7.3-70 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA MN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	295
FIGURA 7.3-71 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA MO EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS).	296
FIGURA 7.3-72 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA ZN EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A	

MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	296
FIGURA 7.3-73 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA V EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	297
FIGURA 7.3-74 – GRÁFICO DE CAIXAS PARA Hg EM AMOSTRAS DE FÍGADO DE SOTALIA GUIANENSIS AO LONGO DO PERÍODO 2017-2023 (VALOR CENTRAL REPRESENTA A MEDIANA, OS LIMITES DA CONSTRUÇÃO DA CAIXA SÃO DADOS PELO 1º E 3º QUARTIS, AS BARRAS REPRESENTAM OS LIMITES DE 95% DOS DADOS E AS ESFERAS OS OUTLIERS). .....	297



## APRESENTAÇÃO

O Projeto de Monitoramento de Praias (PMP-BS) é um dos projetos regionais concebidos e executados para atender demanda dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos da PETROBRAS na Bacia de Santos. Estes processos são conduzidos 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 processo administrativo IBAMA que contempla o PMP-BS é o nº 02001.114275/2017-00. As atividades do PMP-BS iniciaram em agosto de 2015 e têm se desenvolvido ininterruptamente até o momento.

Atualmente, a execução do PMP-BS é coordenada por três instituições, cada uma com foco em uma região geográfica: Área SC/PR, coordenada pela Univali (Universidade do Vale do Itajaí); Área SP, coordenada pela empresa Mineral Engenharia e Meio Ambiente; e Área RJ, coordenada pela empresa Econservation Estudos e Projetos Ambientais. A execução das atividades de monitoramento e reabilitação de fauna conta com a participação de diversas instituições pertencentes à REMASUL (Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Sul) e à REMASE (Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Sudeste), ambas componentes da REMAB (Rede de Encalhe e Informação de Mamíferos Aquáticos do Brasil) e Fundação Pró-Tamar.

O PMP-BS também contempla a realização de análises de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) e de elementos traço, realizadas a partir de tecidos extraídos de animais encontrados mortos no monitoramento de praias. Até setembro de 2023 as análises de HPA estavam sob responsabilidade do Laboratório de Química Orgânica Marinha do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP) e as de elementos-traço sob responsabilidade do Laboratório de Elementos Traços do Centro de Estudos Ambientais da Unesp (Universidade Estadual Paulista/UNESP). Após essa data, ambas as análises passaram a ser executadas por laboratórios da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Neste ano, houve ainda a incorporação do capítulo de Biomarcadores, conforme proposta do 2º ciclo (Carta SMS/LCA/MPL-E&P-FC 0115/2021), e considerações acrescentadas a partir dos Pareceres Técnicos 129/2021-COPROD/CGMAC/DILIC e 242/2021-COPROD/CGMAC/DILIC. As análises de Biomarcadores Bioquímicos e Moleculares são realizadas em amostras de fígado de carcaças frescas (código 2) que não receberam nenhum tipo de tratamento ou passaram por procedimentos veterinários e foram analisadas pelo Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica da Universidade Federal de Santa Catarina (LABCAI/UFSC).

Este Relatório Técnico Anual foi elaborado pela UNIVALI, utilizando os dados coletados por todas as instituições que executam o PMP-BS de Santa Catarina ao Rio de Janeiro, com suporte das outras duas instituições que coordenam o PMP-BS em cada Área. Os conteúdos relativos às análises de HPA e elementos traço foram produzidos pela PUC-Rio e os de Biomarcadores pelo LABCAI/UFSC. Para facilitar a elaboração e leitura do relatório, ele foi dividido em três volumes que apresentam os seguintes conteúdos:

- Volume 1: Resumo Executivo, Introdução, descrição dos resultados das atividades do Monitoramento de Praias (riqueza e abundância das espécies, quantitativos do monitoramento terrestre e embarcado, padrões dos acionamentos) e do Atendimento Veterinário (reabilitação, necropsias, índice de saúde), análises dos parâmetros biológicos (estrutura etária, maturidade);
- Volume 2: Análises espaço-temporal integradas sobre padrões de encalhes e de índice de saúde, análises de HPA, organohalogenados e de elementos traço;
- Volume 3: Biomarcadores, registros de fauna oleada, resíduos oleosos e sólidos, ações de comunicação, considerações finais e equipe técnica.



## **5. ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA**

Dos seis objetivos específicos apresentados no Projeto Executivo Integrado do PMP-BS, nesta seção serão abordados aqueles ligados aos padrões de encalhes e à saúde dos animais:

1. Avaliar a existência de variação espaço-temporal nos padrões de encalhes dos tetrápodes marinhos registrados pelo PMP-BS;

(...)

4. Avaliar a condição de saúde geral das espécies de tetrápodes marinhos registradas pelo PMP-BS;

(...)

6. Estimar quanto da variabilidade espacial e temporal dos encalhes e da saúde de tetrápodes marinhos registrados pelo PMP-BS, pode ser atribuída a variações ambientais e a variáveis antrópicas relacionadas às atividades de E&P no pré-sal;

A fim de compreender os padrões de encalhes, os registros de fauna foram caracterizados do ponto de vista da abundância e riqueza, e da variação espaço-temporal em cada área no Volume 1. Nas análises realizadas neste volume se busca analisar os padrões de encalhes dos animais registrados durante os monitoramentos de modo inferencial, buscando efeitos de fatores ambientais e antrópicos que possam ter relação com a abundância e diversidade de animais registrados.

A área monitorada no PMP-BS é extensa e apresenta grande heterogeneidade nas características naturais e antrópicas da costa e do ambiente marinho. Isto se soma às particularidades ecológicas dos grupos taxonômicos estudados, que estão sujeitos a diferentes estressores, e à própria distância das atividades de produção e escoamento de petróleo e gás natural da PETROBRAS à costa, fazendo da análise dos dados um desafio do ponto de vista metodológico. Assim, desde o primeiro relatório anual do PMP-BS vêm-se propondo e refinando estratégias de estratificação dos dados para

as análises realizadas, que buscam minimizar os efeitos da heterogeneidade espacial ao longo da área e dos diferentes hábitos das espécies. Para a estratificação espacial nas análises integradas também estão sendo utilizadas as mesorregiões apresentadas no item 3.1.4 – *Estratificação Espacial (Mesorregiões)* do Volume 1. Estas mesorregiões foram inicialmente utilizadas no 3º Relatório Técnico Anual do PMP-BS Fase 1 (PETROBRAS, 2019), e vêm sendo adotadas nos relatórios subsequentes.

Uma vez que o PMP-BS utiliza animais encontrados nas praias, é importante compreender que existem diversos fatores ambientais e antropogênicos que podem afetar essas ocorrências. Conceitualmente, as taxas de encalhes das espécies podem ser influenciadas pela abundância relativa das espécies, pelas diferentes taxas de mortalidade entre espécies, pela flutuabilidade das carcaças, pelo local da morte e por processos de deriva e, por último, pela própria chance de detecção da carcaça (Peltier *et al.*, 2012; Wells *et al.*, 2015; Prado *et al.*, 2016).

Para a detectabilidade das carcaças pode-se considerar que, a chance de detecção de um animal que encalhe em praias com monitoramento ativo diário é de 100%. Portanto, nestas praias, assume-se que diferenças nos padrões de encalhes sejam regidos pelos demais fatores. Por outro lado, praias com monitoramento semanal apresentam probabilidades de detecção diferentes das de monitoramento diário, uma vez que carcaças pequenas podem ser totalmente consumidas por animais necrófagos, ou retornarem ao mar devido a marés de maior amplitude entre uma visita e outra das equipes de monitoramento. Portanto, dados de praias com estratégia de monitoramento diário e semanal são analisadas separadamente neste relatório.

No que diz respeito à probabilidade de um animal morto encalhar, há uma grande influência dos processos de deriva da carcaça e do local onde o animal morreu (Peltier *et al.*, 2012; Prado *et al.*, 2016; Moore *et al.*, 2020). Apesar de existirem trabalhos sobre correntes na plataforma externa (e.g., Castelão *et al.*, 2004; Palma *et al.*, 2008; Matano *et al.*, 2010; Strub *et al.*, 2015), e trabalhos empíricos sobre a deriva de carcaças (Prado *et al.*, 2013; Tavares *et al.*, 2023), não existem dados ou modelos disponíveis sobre as

correntes costeiras na área que permitam avaliar os padrões de deriva dos animais registrados pelo PMP-BS. Deste modo foram consideradas variáveis da própria fisiografia da praia que pudessem influenciar a probabilidade de um animal encalhar, tal como sua curvatura e orientação.

## **5.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE**

### **5.1.1 Variáveis ambientais e antrópicas**

Para as análises que buscavam avaliar o efeito de fatores ambientais no padrão de encalhes, foram utilizadas as mesmas variáveis utilizadas nos relatórios anuais referentes aos anos de 2021 e 2022. A seleção original destas variáveis foi feita através da literatura técnico-científica buscando aquelas que tivessem o potencial de influenciar a distribuição e abundância das espécies alvo. Várias publicações científicas mostram que diferentes espécies marinhas têm sua distribuição afetada por diferentes características oceanográficas, tais como profundidade, distância da costa, inclinação do fundo, salinidade, temperatura da água, produtividade local, estado do mar, presença de frentes oceanográficas, entre outras (TREMBLAY *et al.* 2009; OPPEL *et al.*, 2012; MCCLELLAN *et al.*, 2014; do AMARAL *et al.*, 2015; FERNANDEZ *et al.*, 2017; VIRGILI *et al.*, 2022).

Como a amostra do PMP-BS consiste em animais encontrados nas praias, não foram utilizadas variáveis como distância da costa e profundidade de ocorrência, apesar destas variáveis terem sido identificadas em diversos trabalhos como as mais importantes na determinação da distribuição das espécies. Ainda assim, a distância da praia até a quebra da plataforma continental foi incorporada nas análises a fim de observar se esta variável pode influenciar na ocorrência de tetrápodes oceânicos nas praias.

Embora nenhuma espécie de tetrápode marinho seja consumidora de fitoplâncton, a concentração de clorofila na água vem sendo utilizada por ser um potencial indicador da produtividade secundária, e já foi observada como um fator importante na previsão da distribuição de aves e cetáceos (BALLANCE *et al.*, 2006).

No que diz respeito às variáveis antrópicas, foi necessário limitar àqueles fatores que estão disponíveis para serem integrados às análises, ou que possam ser estimados para toda a área analisada. Deste modo, foram utilizadas variáveis ligadas diretamente às atividades de E&P na área, tais como a localização das unidades de produção da PETROBRAS e de outras empresas que operem na Bacia de Santos, e o tráfego de embarcações da PETROBRAS e de terceiros, devido ao seu potencial gerador de efeitos diretos e indiretos sobre a fauna marinha (HASTIE *et al.*, 2003; PANIGADA *et al.*, 2006; CAMPANA *et al.*, 2015; WISNIEWSKA *et al.*, 2018). As atividades portuárias também foram contempladas na análise, uma vez que portos são locais com potencial de impactar diversos aspectos ambientais (DARBRA *et al.*, 2005).

A pesca é considerada como um dos principais causadores de mortalidade em cetáceos, pinípedes, tartarugas marinhas e diversas espécies de aves marinhas, especialmente as oceânicas (NEVES *et al.*, 2006; ROCHA-CAMPOS *et al.*, 2010, 2011; MARCOVALDI *et al.*, 2006; GOLDSWORTHY *et al.*, 2022), podendo influenciar direta e indiretamente, devido à competição por recursos (KOVACS *et al.*, 2012; JUSUFOVSKI *et al.*, 2019). Entretanto, os dados gerados pelo Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira da Bacia de Santos (PMAP-BS) não estão sendo utilizados nas análises. A decisão de não usar os dados do PMAP-BS veio de motivos operacionais e conceituais. Do ponto de vista operacional há o problema de que para o período que compreendem os relatórios anuais (janeiro a dezembro de cada ano) os dados do PMAP-BS são consolidados em paralelo com a elaboração deste relatório, não estando disponíveis quando as análises são executadas. Adicionalmente, entende-se que conceitualmente não são necessários estes dados pois o foco das análises não é o detalhamento de qual pescaria pode estar relacionada aos encalhes. Como se busca avaliar possíveis efeitos da indústria de E&P, não há necessidade de ter os dados de esforço pesqueiro.

Considerando todos os pontos elencados anteriormente, as análises dos padrões de encalhes descritas neste relatório incluíram as variáveis descritas a seguir e resumidas na **Tabela 5.1-1**.

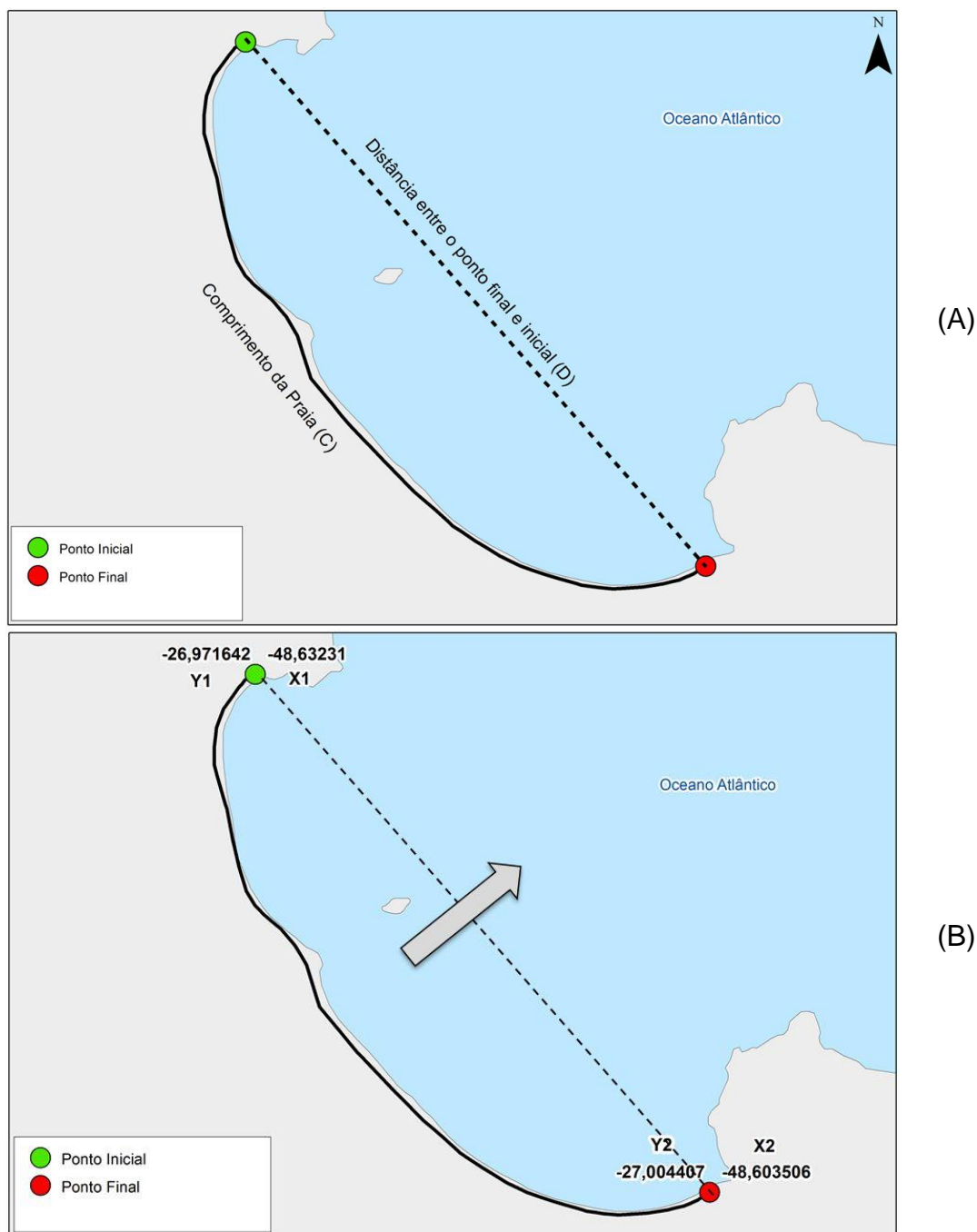
### ***Variáveis ambientais***

*Comprimento da praia (não-linear):* distância do ponto inicial ao ponto final da praia, considerando a curvatura do local (“C” na **Figura 5.1-1A**).

*Comprimento linear da praia:* distância em linha reta que una os dois pontos extremos da praia (“D” na **Figura 5.1-1A**).

*Curvatura da praia:* foi dividido o comprimento curvilíneo da praia pela distância de uma linha reta que unisse os dois pontos extremos da praia (C/D, **Figura 5.1-1A**).

*Orientação da praia:* utilizando-se a mesma linha gerada para o cálculo da curvatura, foi considerada como a orientação da praia uma linha perpendicular à da ligação entre seus extremos (**Figura 5.1-1B**). De acordo com o valor em graus dessa orientação, as praias foram categorizadas dentro dos pontos cardeais e colaterais: N - 338° a 22°; NE - 23° a 67°; E - 68° a 112°; SE – 113° a 157°; S – 158° a 202°; SW – 203° a 247°; W – 248° a 292°; NW – 293° a 337°.



**Figura 5.1-1** – Exemplo de cálculo dos parâmetros de (A) comprimento da praia não linear (letra C) e linear (letra D) e (B) cálculo do ângulo de exposição das praias (a seta indica a orientação calculada).

*Distância da praia a quebra da Plataforma Continental:* foi calculada a distância do centroide da praia para o ponto mais próximo da quebra da plataforma continental. Através do ArcGis 10.2.2 foi espacializado o centróide da linha de costa de cada praia e realizada a medição do ponto mais próximo

em relação a isóbata de 200 metros que representa a quebra da plataforma continental. Esta variável foi incluída a fim de observar se existe relação entre a proximidade destes limites e a maior ocorrência de indivíduos com habitat oceânico.

*Temperatura Superficial do Mar (TSM):* foram obtidas imagens representando os valores mensais de temperatura superficial da água do mar obtidas através de observações diurnas do satélite TERRA, com uma resolução de 4 km/pixel, para todo o período amostral. As imagens foram obtidas a partir da página PODAAC (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center - <https://podaac.jpl.nasa.gov/>).

*Clorofila:* Os dados de clorofila são provenientes do satélite AQUA derivados de observações do oceano feitas por sensores de órbita polar, neste caso MODIS, com resolução de 4 km/pixel. Foram obtidas imagens representando as médias mensais, a partir do serviço NASA Earth Observations – NEO ([https://neo.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MY1DMM\\_CHLORA](https://neo.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MY1DMM_CHLORA)).

*Altura Significativa de Onda:* Os dados de altura significativa de onda foram obtidos através do modelo ERA5 disponibilizados pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). As imagens possuem resolução espacial de 0,5° de latitude/longitude e resolução temporal com estimativas de hora em hora. Para esta metodologia foram utilizados os dados de reanálise da média mensal a partir das medições dos dados diários. A altura significativa de onda é expressa em metros.

*Direção do Swell:* Os dados de direção do swell foram obtidos através do modelo ERA5 disponibilizados pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). As imagens possuem resolução espacial de 0,5° de latitude/longitude e resolução temporal com estimativas de hora em hora. Para esta metodologia foi utilizado os dados de reanálise da média mensal a partir das medições dos dados diários. A direção do swell é expressa em graus.

*Velocidade e Direção do Vento:* Os dados de direção (graus) e velocidade (m/s) do vento foram obtidos do modelo ERA5 disponibilizados pelo ECMWF



(*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Os dados do modelo consideram a direção e velocidade do vento a uma altura padrão de 10 metros acima da superfície do nível do mar. Os dados foram calculados a partir das componentes zonal (u) e meridional (v). As imagens possuem resolução espacial de 0,25° de latitude/longitude e resolução temporal com estimativas de hora em hora. Para esta metodologia foram utilizados os dados de reanálise da média mensal a partir das medições dos dados diários.

*Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL)*: de acordo com MMA (2007, p. 8), o ISL é estabelecido com base no “conhecimento das características geomorfológicas da costa, considerando o tipo de substrato, a declividade do litoral e o grau de exposição à energia de ondas e marés”. Foram utilizados os valores disponibilizados pelo MMA no endereço <https://antigo.mma.gov.br/seguranca-quimica/cartas-de-sensibilidade-ao-oleo/base-de-dados.html>.

*Morfodinâmica da praia*: A partir de revisões bibliográficas, foram caracterizados os estados morfodinâmicos das praias arenosas ao longo da costa, de modo que fosse possível distinguir os estados dissipativo, intermediário e refletivo.

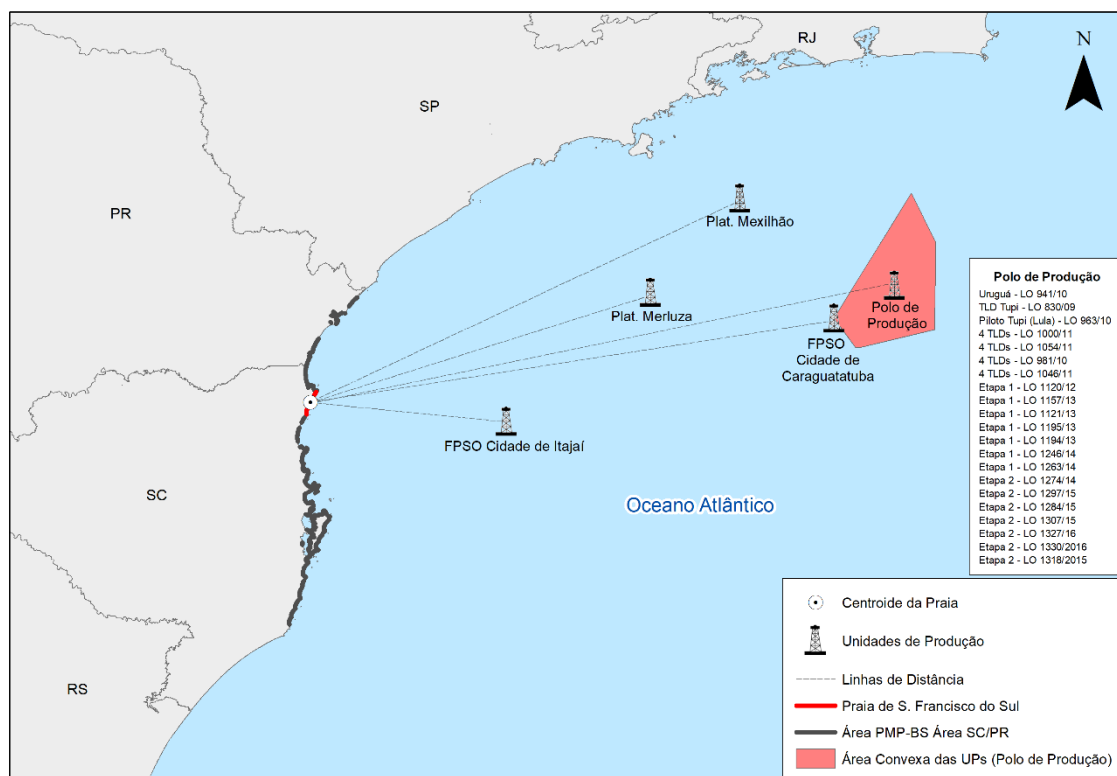
### ***Variáveis antrópicas***

*Distância da praia às atividades de E&P na Bacia de Santos*: foram utilizadas as posições das unidades marítimas da PETROBRAS na Bacia de Santos relacionadas à atividade de produção e escoamento de petróleo e gás natural (**Figura 5.1-2**). Uma vez que outras operadoras também atuam na Bacia de Santos em regiões próximas, também foram incluídos os FPSO Cidade de Itajaí, operada atualmente pela Karoon Energy, e FPSO Cidade de Caraguatatuba, operada atualmente pela TotalEnergies. Deste modo as análises do PMP-BS avaliaram a interferência conjunta das atividades da PETROBRAS e de outras empresas.

Uma vez que todas as unidades de produção são estáticas, há uma colinearidade obrigatória entre as distâncias das quatro áreas de concentração



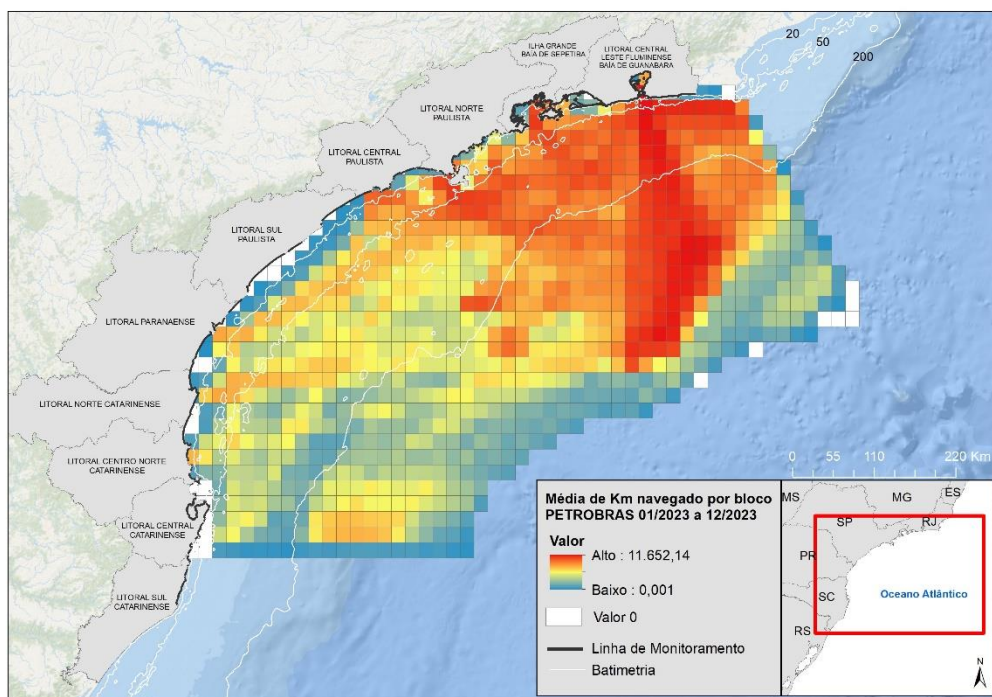
das atividades de E&P, pois a localização diferente de cada praia obrigatoriamente gera mudanças nas distâncias com as unidades de produção. Portanto, neste relatório se utilizou somente a distância em quilômetros dos centroides das praias (**Apêndice 10 – Coordenadas**) para o centro de maior intensidade de instalações de unidades de produção no Polo Pré-sal.



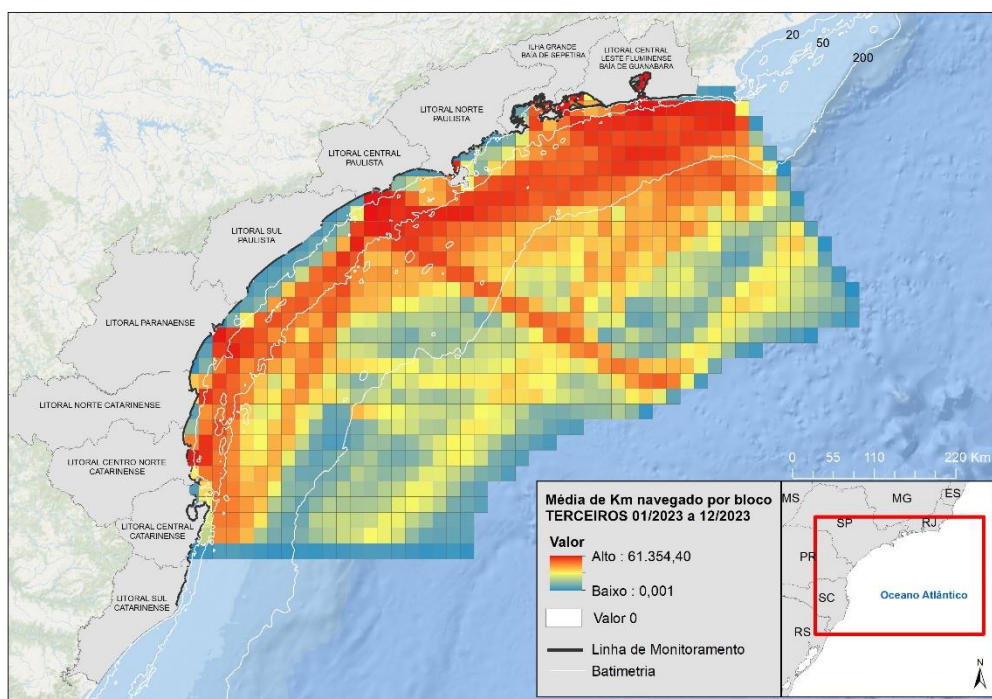
**Figura 5.1-2** – Exemplo de cálculo da distância da Praia de São Francisco do Sul às atividades de E&P na Bacia de Santos, sendo que o centro de maior intensidade de instalações de unidades de produção no Polo Pré-sal está representado na “Área Convexa de UPs” (Polo de Produção).

**Tráfego de embarcações:** foram utilizados os resultados fornecidos pelo Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE) que estima periodicamente o tráfego de embarcações da PETROBRAS e de terceiros que atuaram na região marinha adjacente à área monitorada pelo PMP-BS. Foram utilizados os valores mensais de tráfego estimados pelo PMTE que utiliza uma metodologia descrita nos relatórios técnicos daquele projeto (e.g. PETROBRAS, 2022b). Nas análises do PMP-BS são utilizadas as distâncias percorridas pelas embarcações dentro de quadrantes de 10' (aproximadamente 18,5 km) de lado, sendo apresentado na **Figura 5.1-3** o

valor total entre janeiro e dezembro de 2023. Não houve distinções entre os tipos de embarcações uma vez que nos dados fornecidos apenas as embarcações da PETROBRAS estavam categorizadas.



(A)



(B)

**Figura 5.1-3** – Mapas da média da intensidade de tráfego de embarcações para todo o período de janeiro a dezembro de 2023: (A) embarcações da PETROBRAS; (B) embarcações de terceiros. As cores representam a quantidade de quilômetros navegados em cada quadrante em todo o período.

*Distância da praia a um porto comercial:* foi calculada a distância linear do centroide da praia para o porto comercial mais próximo, de modo similar ao feito para a distância das atividades de E&P. Esta variável foi incluída pois portos comerciais tem o potencial de afetar a fauna (e.g. MUXIKA *et al.*, 2005; BARLETTA *et al.*, 2016) e, caso haja, este efeito precisaria ser identificado. Os seguintes portos foram considerados:

Rio de Janeiro

- Porto de Angra dos Reis
- Porto de Itaguaí (Sepetiba)
- Porto de Niterói

São Paulo

- Porto de Santos
- Porto de São Sebastião

Paraná

- Porto de Paranaguá

Santa Catarina

- Porto de Imbituba
- Porto de Itajaí/Navegantes
- Porto de São Francisco do Sul

*Área de influência portuária:* foi estabelecido um raio de influência de 20 km no entorno da localidade dos portos, determinado através da amplitude e intensidade de tráfego de embarcações consultadas na página do Marine Traffic<sup>1</sup> (<http://www.marinetraffic.com>). As praias abrangidas pelo raio de influência foram categorizadas como AIP – Área de Influência Portuária, propondo que estas estariam mais suscetíveis a influência antrópica desta categoria. A localização dos portos foi obtida através da ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

---

<sup>1</sup> *Marine Traffic* é uma fornecedora mundial de rastreamento de navios e inteligência marítima que através de uma plataforma aberta fornece informações em tempo real sobre a movimentação de navios, que utiliza uma rede de estações receptoras de sinais de AIS, que transmite a localização das embarcações que possuem este sistema. Fonte: [www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com).

**Tabela 5.1-1 – Parâmetros utilizados nas análises dos padrões de encalhes. “DP” – desvio padrão.**

Categoria	Parâmetro (fator/variável)	Tipo (unidade)
Praia	Comprimento não linear (variável)	Contínua (m)
	Comprimento linear (variável)	Contínua (m)
	Curvatura (variável)	0 – 1 (adimensional)
	Orientação (fator)	N – NW – W – SW – S – SE – E – NE
	Distância da quebra da plataforma (variável)	Contínua (m)
	ISL (fator)	1 – 10 (adimensional)
Antrópicos	Distância de porto (variável)	Contínua (m)
	Área de influência de porto (fator)	Sim – Não
	Tráfego de embarcações (variável: média/DP)	Contínua (m)*
Ambientais	TSM (variável: média/DP)	Contínua (°C)*
	Clorofila (variável: média/DP)	Contínua (µg/L)*
	Velocidade do vento (variável: média/DP)	Contínua (m/s)**
	Direção do vento (variável: média/DP)	Contínua (graus)**
	Altura de onda (variável: média/DP)	Contínua (m)*
	Direção do swell (variável: média/DP)	Contínua (graus)*

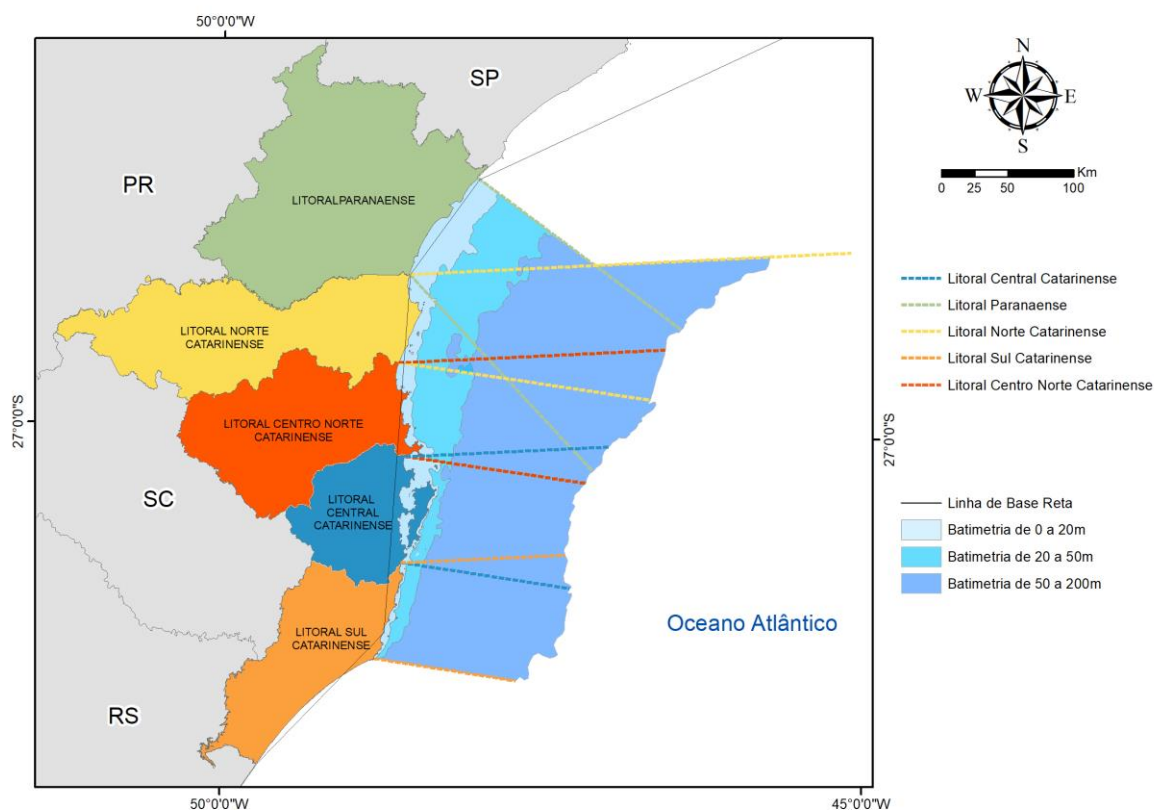
\* Estratificadas por profundidade (0-20m, 20-50m, 50-200m).

\*\* Separadas em zonal (u) e meridional (v),

### 5.1.2 Estratificação Espacial

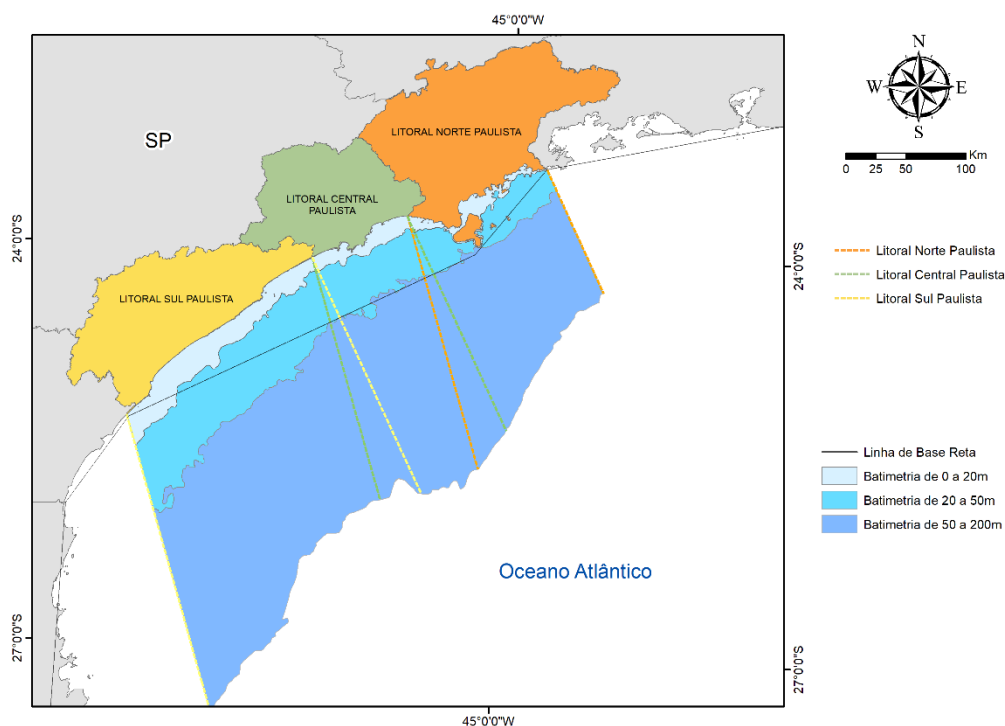
Uma vez que existem variáveis que estão ligadas à região da plataforma continental adjacente às praias e não às praias em si, tais como temperatura superficial do mar, clorofila, intensidade do vento, altura significativa de ondas e tráfego de embarcações, foram estimados os valores médios destas variáveis em três estratos de profundidades diferentes (0-20 m, 20-50 m, 50-200 m). Esta separação buscou representar os valores existentes na zona costeira, na plataforma interna e da plataforma externa até o talude. Para delimitar a região marinha adjacente à cada mesorregião, foram traçadas linhas com 25° de inclinação para norte ou sul, respectivamente nos limites norte e sul de cada mesorregião (Apêndice 10 - Coordenadas), a partir da linha de base reta da costa definidas pelo IDEM-DHN (DHN, 2024; **Figura 5.1-4**). Os valores destas variáveis foram calculados através do programa ArcGIS 10.2, utilizando-se mapas de intensidade do tráfego ou imagens de satélite,

para extrair valores médios nos polígonos definidos pelas linhas delimitadoras das mesorregiões e pelas linhas batimétricas correspondentes. Deste modo, para cada mesorregião foram gerados valores mensais para cada uma das variáveis referentes às faixas de 0-20 m, 20-50 m e 50-200 m, que foram aplicados a todas as praias de cada mesorregião naquele mês, e utilizados nas análises da variação espaço-temporal dos encalhes de tetrápodes marinhos (Figura 5.1-4 a Figura 5.1-6).

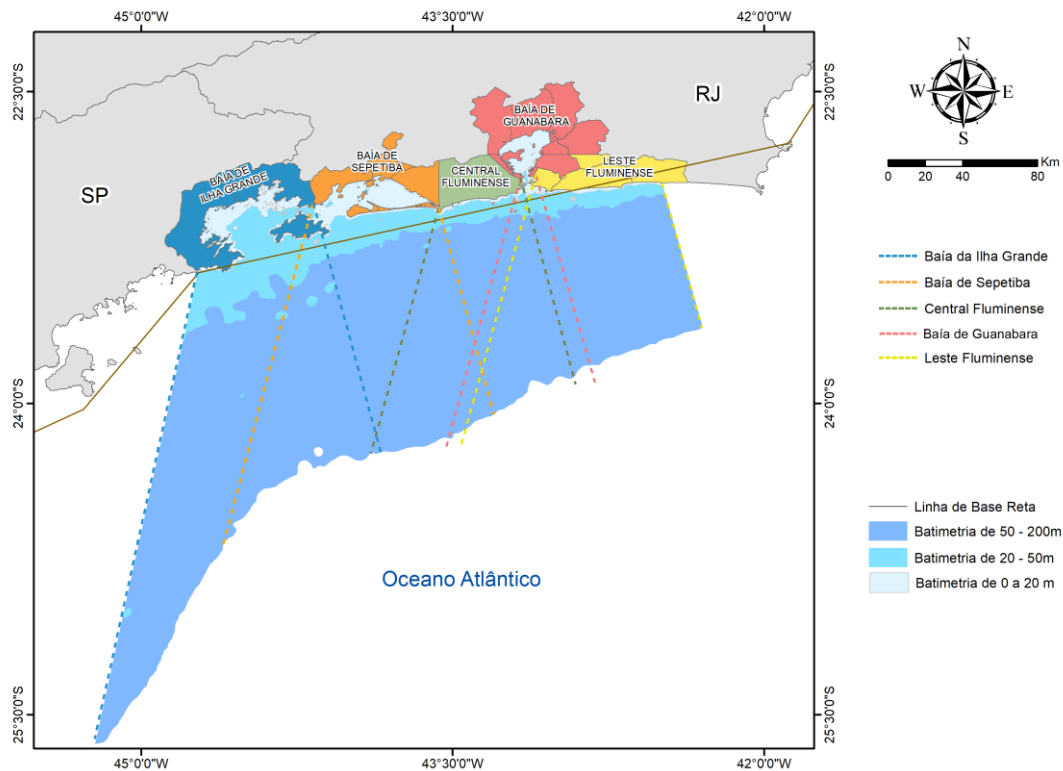


**Figura 5.1-4** – Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesorregiões na plataforma adjacente para os estados de Santa Catarina e Paraná.





**Figura 5.1-5** – Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesorregiões na plataforma adjacente para o estado de São Paulo.



**Figura 5.1-6** – Áreas amostrais (mesorregiões) utilizadas para agrupar as praias para as análises e extensões dos limites das mesorregiões na plataforma adjacente para o estado do Rio de Janeiro.

### **5.1.3 Estratificação pelo habitat preferencial das espécies**

As atividades envolvidas na produção e escoamento de petróleo e gás natural têm componentes que atuam na região costeira (tráfego de embarcações) e na região oceânica (tráfego de embarcações, geração de ruído e descarte de água produzida). Deste modo, para permitir a avaliação dos efeitos destas atividades sobre as diferentes espécies de tetrápodes marinhos, deve-se considerar o habitat preferencial de cada espécie. Espera-se que efeitos gerados pelas atividades distantes da costa sejam mais evidentes em espécies/populações que habitam ou despendem maior tempo naqueles locais, e vice-versa.

Portanto, nas análises do Índice de Saúde foram analisadas as informações sobre a distribuição das espécies alvo, conforme Anexo IX do Projeto Executivo Integrado do PMP-BS, sendo cada uma delas classificada de acordo com seu habitat preferencial: costeiro, oceânico ou costeiro/oceânico. Essa separação não foi utilizada nas análises dos encalhes pois na metodologia adotada para analisar estes dados não foi necessário agrupar espécies.

Cabe ressaltar o fato de que dentre as espécies registradas pelo PMP-BS também existem espécies migratórias (ex. *Spheniscus magellanicus*, *Puffinus puffinus*), que por não utilizarem a área de estudo em grande parte de seu ciclo de vida, podem ser fortemente influenciadas por fatores externos à Bacia de Santos. Os resultados obtidos para estas espécies devem ser analisados com cautela, visto que podem refletir a influência de atividades antropogênicas realizadas em outras regiões, tais como o Atlântico Norte no caso de *P. puffinus* e a plataforma continental argentina e uruguaia para *S. magellanicus*.

### **5.1.4 Recorte temporal**

Foram considerados para a análise espaço temporal integrada (padrão de encalhes e índice de saúde) apenas os dados obtidos a partir de 2017, que é o primeiro ano completo com dados do projeto para as Áreas de SC/PR, SP e

RJ, uma vez que o monitoramento no estado do Rio de Janeiro iniciou em setembro de 2016.

### **5.1.5 Análises Estatísticas**

Todas as análises que são descritas a seguir foram implementadas no ambiente R versão 4.4.0 (R Core Team, 2024), utilizando os pacotes *vegan* v. 2.7-0 (Oksanen et al., 2024), *betareg* (Cribari-Neto e Zeileis, 2010), *hnp* (Moral, Hinde e Demétrio, 2017), *multcomp* (Hothorn, Bretz, Westfall, 2008) e *FactoMineR* (Lê, Josse, Husson, 2008).

#### *Padrões de Encalhes*

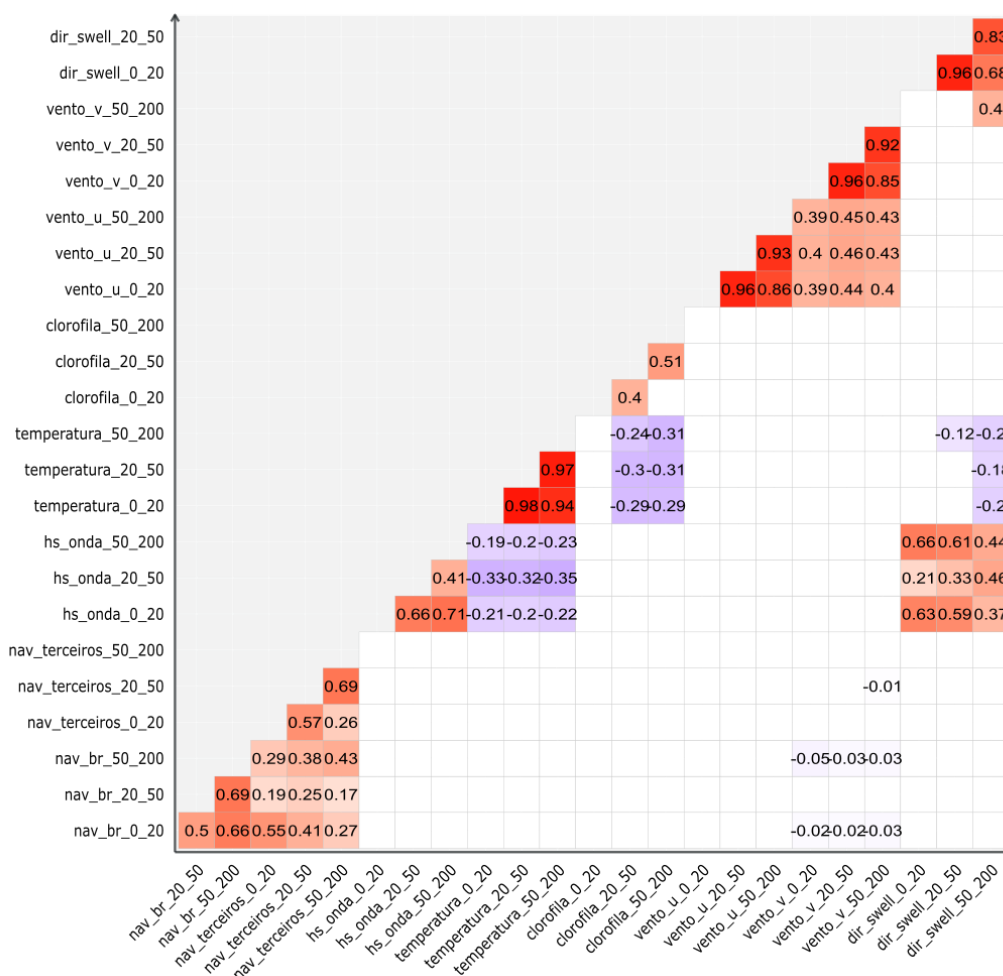
Esta análise visou avaliar se há variação na composição de espécies e suas respectivas abundâncias ao longo do espaço e tempo, e ainda avaliar a influência das variáveis ambientais e antrópicas consideradas. Como para esta análise são utilizadas as abundâncias, foram utilizados somente animais registrados durante o monitoramento de praias com estratégia de monitoramento ativo diário, pois os acionamentos podem variar de acordo com a intensidade do uso das praias pela população. Para reduzir o efeito das diferentes extensões das praias, o comprimento de cada uma foi usado como um "offset" nas análises. Uma vez que, o objetivo é avaliar padrões de ocorrência, foram utilizados dados de encalhes tanto dos animais vivos quanto mortos, e nestes últimos de todas as condições de carcaça.

As análises da influência das variáveis ambientais e antrópicas nos padrões de encalhes foram realizadas separadamente para cada grupo: aves, tartarugas e mamíferos. Este agrupamento das espécies naturalmente gera um maior "ruído" nos dados, pois os efeitos das variáveis antrópicas e ambientais podem ser diferentes para cada espécie, e mesmo dentro de uma espécie, entre diferentes classes etárias. Entretanto, caso houvesse a estratificação entre espécies e classes etárias, cada um destes estratos teria poucos exemplares, impossibilitando a realização das análises.

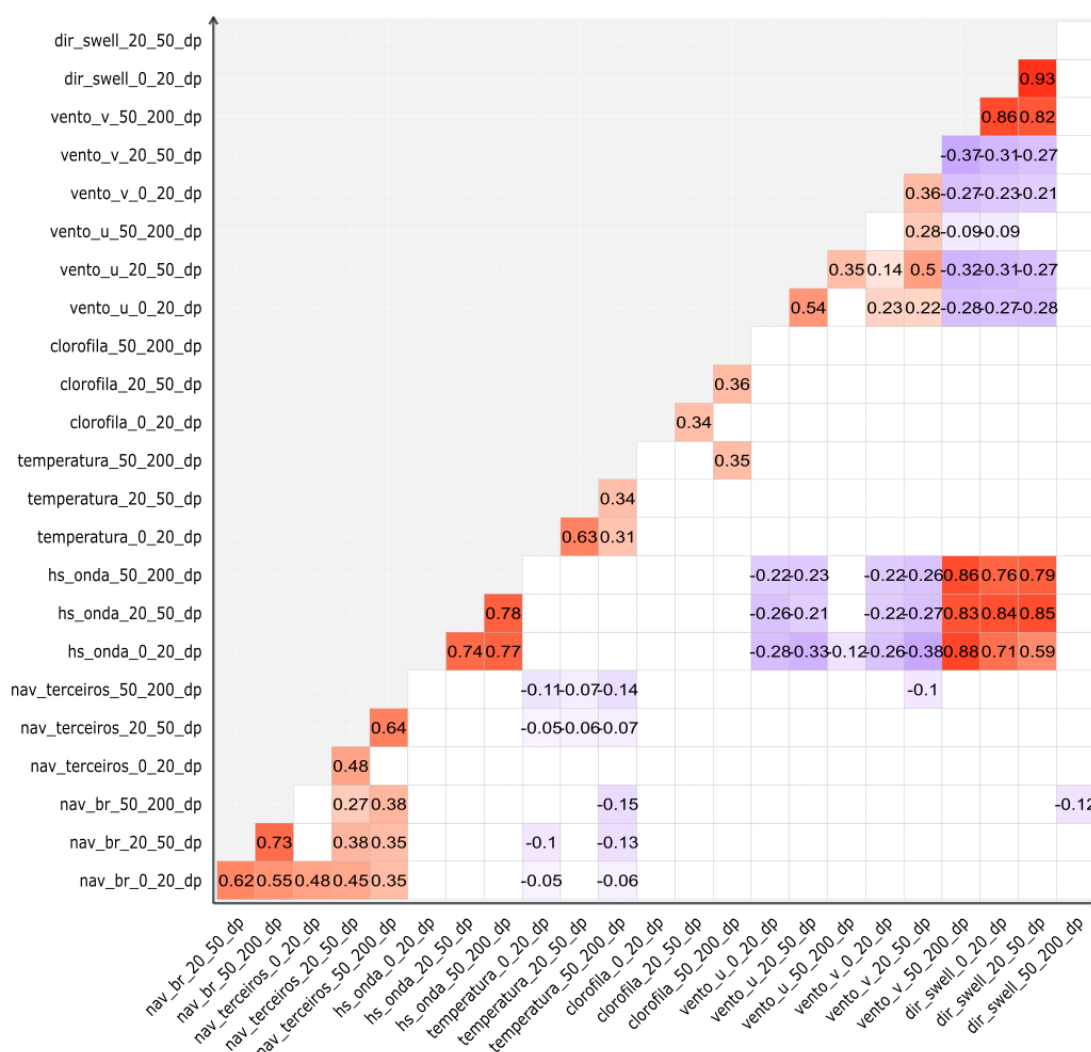
Foi utilizada uma Análise de Redundância (RDA) para avaliar a relação da variabilidade dos encalhes com as variáveis ambientais e antrópicas, de modo semelhante ao realizado nos relatórios anuais de 2021 e 2022. A RDA é conceitualmente similar a uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), pois em ambos os casos se busca modelar os efeitos de uma matriz explanatória (variáveis ambientais e antrópicas nas praias e áreas adjacentes) com relação a uma matriz de resposta (ocorrência de espécies nas praias). A principal diferença está em que a CCA considera as duas matrizes simétricas, enquanto na RDA a matriz resposta é dependente da matriz explanatória (Legendre e Legendre, 2012; QCBS, 2022).

Visto que em relatórios anteriores já se havia observado colinearidade nas variáveis estratificadas por profundidade, inicialmente foi feita uma análise de correlação múltipla entre todas as variáveis ambientais e antrópicas que são estratificadas. Esta análise evidenciou para os dados de 2023 a manutenção do que já havia sido visto em relatórios anteriores: uma alta colinearidade em praticamente todas as variáveis estratificadas por profundidade, tanto para os valores médios (**Figura 5.1-7**), como para os desvios padrões (**Figura 5.1-8**). Deste modo foram utilizados unicamente os valores do estrato mais próximo à costa (0–20 m) de cada uma, por se considerar que estes terão mais efeito nos encalhes.

Todas as variáveis ambientais e antrópicas foram então utilizadas na construção do modelo inicial, sendo mantidas no modelo final apenas as variáveis significativas ( $p < 0,05$ ). Os valores do modelo completo são apresentados no *Apêndice 4 – Modelos Lineares Generalizados*.



**Figura 5.1-7** – Correlograma entre os valores médios para 2023, das variáveis ambientais e antrópicas estratificadas por profundidade, utilizadas na RDA. Tons de vermelho indicam correlação positiva, tons de roxo correlação negativa.



**Figura 5.1-8** – Correlograma entre os desvios padrões de 2023 das variáveis ambientais e antrópicas estratificadas por profundidade, utilizadas na RDA. Tons de roxo indicam correlação positiva, tons de verde correlação negativa.

### Índice de Saúde

Para esta análise foram utilizados todos os animais para os quais o Índice de Saúde (IS) pode ser calculado, independentemente da causa de morte, modo de registro (monitoramento ativo ou acionamento), ou de haver ou não interação antrópica. Entretanto os animais que passaram por tratamento veterinário foram identificados e realizadas análises considerando ou não os mesmos, por se entender que a saúde do animal poderia ser afetada pelo tratamento em si.



Cabe ressaltar, que para o cálculo do IS foram consideradas as necropsias realizadas apenas em carcaças com código 2 e 3 de decomposição de todas as espécies, uma vez que estes exemplares são aqueles com melhor chance de se obter informações completas. De um modo geral, as carcaças mais frescas (código 2) apresentam melhores condições de identificação dos parâmetros necessários para o IS e, as carcaças em código 3 são encontradas em maior quantidade, permitindo aumentar o tamanho da amostra.

Foi utilizada a análise de Modelos Lineares Generalizados (GLM), considerando como variável resposta o valor do IS e utilizando como fatores:

- Causa de morte (antrópica, natural, indeterminada, eutanásia);
- Habitat preferencial (costeiro, costeiro/oceânico, oceânico);
- Ano (2017 a 2023); e
- Local (mesorregião) de registro do animal.

Durante a 8ª Reunião de Análise Crítica do Comitê Técnico do PMP-BS em dezembro de 2022 foi discutido se a causa de morte “eutanásia” deveria ser mantida nas análises. O argumento colocado foi que a eutanásia deveria ser considerada uma consequência do estado de saúde geral do animal, e não a causa de morte em si. Assim como no relatório dos dados de 2022, neste relatório optou-se por manter a eutanásia como um dos fatores dentro da variável “causa de morte”, pois entende-se que isso permite um olhar mais detalhado neste grupo de animais. Animais eutanasiados tanto podem ter sinais de interação antrópica, como terem patologias de origem natural, mas há a decisão de realizar a eutanásia devido ao seu estado crítico e prognóstico ruim. Deste modo não seria possível agregar automaticamente estes animais a uma das outras categorias de causa de morte, exigindo uma análise caso a caso. Como este é um dos valores listados no SIMBA para causa de morte, sua manutenção nas análises permitirá comparação dos resultados atuais com análises futuras, sem a interferência de uma decisão subjetiva de alocação dos animais para um ou outro grupo.

As análises de IS foram feitas separadamente para cada grupo: aves, tartarugas e mamíferos. Assim como colocado para as análises de encalhes, idealmente estas análises deveriam ser feitas para cada espécie

separadamente, ou até para cada classe etária de uma espécie, pois o agrupamento das espécies dentro das classes naturalmente gera um maior “ruído” nos dados, pois possivelmente há diferenças no IS entre espécies e entre diferentes classes etárias em uma espécie. Entretanto, caso houvesse a estratificação entre espécies e classes etárias, cada um destes estratos teria poucos exemplares, impossibilitando a realização das análises. Para as tartarugas e os mamíferos, pela existência de estruturas de aposição que permitem determinar a idade dos exemplares, respectivamente nos ossos e dentes, foi utilizada a idade determinada para cada indivíduo como um fator nas análises. Com a utilização da idade espera-se poder avaliar como a senescência afeta a saúde dos indivíduos.

## 5.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir das metodologias descritas anteriormente, a fim de avaliar os padrões espaço-temporais dos encalhes e o Índice de Saúde dos tetrápodes marinhos registrados ao longo de toda área de abrangência do PMP-BS.

### 5.2.1 Padrões de Encalhes

A análise exploratória inicial dos três grupos, feita por meio de mapas de calor considerando os fatores ano, trimestre e mesorregião, evidenciou alguns padrões, similares aos que já haviam sido discutidos em relatórios anteriores.

No caso de aves, em 2023 os pinguins-de-Magalhães, *Spheniscus magellanicus*, continuaram sendo a espécie mais abundante nos registros de encalhes, mas bem inferiores (66%) do registrado em 2022 (**Figura 5.2-1A**). Os registros da espécie são concentrados no 3º trimestre (**Figura 5.2-2A**) e nas mesorregiões mais ao sul (**Figura 5.2-3A**). Com a remoção dos pinguins dos gráficos de calor observa-se que outras espécies que apresentam maior abundância, tais como o gaivotão, *Larus dominicanus*, o atobá-marrom, *Sula leucogaster*, e a pardela-sombria, *Puffinus puffinus* (**Figura 5.2-1B**). Todas

estas espécies também apresentam maior ocorrência no 3º e 4º trimestre  
(Figura 5.2-2B) mas com padrões espaciais de ocorrência diferentes (Figura 5.2-3B).

Espécies

Anous stolidus	0	0	2	1	3	1	5
Aphrodroma brevirostris	0	0	0	0	0	0	0
Calidris alba	1	1	0	4	0	0	4
Calidris canutus	0	0	0	0	1	1	3
Calidris fuscicollis	1	0	0	0	3	1	8
Calonectris diomedea	68	40	11	0	0	1	1
Calonectris diomedea borealis	2	2	92	9	26	3	18
Calonectris edwardsii	0	1	0	0	0	0	0
Charadrius collaris	0	0	0	0	0	1	0
Charadrius semipalmatus	0	1	0	0	0	1	1
Chroicocephalus cirrocephalus	0	0	0	0	0	1	0
Chroicocephalus maculipennis	0	1	0	0	0	2	0
Daption capense	2	5	2	3	2	2	0
Diomedea epomophora	0	0	0	0	0	0	0
Fregata magnificens	122	180	148	109	118	173	204
Fulmarus glacialis	0	0	9	9	1	2	7
Haematopus palliatus	2	3	6	7	7	9	7
Halobaena caerulea	0	1	0	0	0	0	0
Himantopus melanurus	1	7	2	2	2	2	2
Larus atlanticus	0	1	0	0	0	0	0
Larus dominicanus	469	461	519	451	483	505	466
Macronectes giganteus	18	6	24	13	21	37	7
Macronectes halli	0	1	1	1	0	2	0
Oceanites oceanicus	4	4	10	5	4	3	1
Onychoprion fuscatus	0	0	0	0	0	0	0
Pachyptila belcheri	0	8	0	0	0	0	4
Pachyptila desolata	0	3	1	4	4	2	2
Pachyptila vittata	0	0	0	0	0	2	0
Phaethon aethereus	0	0	0	0	1	0	0
Phalacrocorax brasilianus	222	132	223	122	174	322	297
Phoebastria palpebrata	0	0	0	0	0	0	0
Pluvialis dominica	0	0	0	0	0	0	4
Pluvialis squatarola	0	0	0	1	0	0	1
Procellaria aequinoctialis	32	146	119	115	81	115	102
Procellaria conspicillata	2	0	0	2	1	0	0
Pterodroma arminjoniana	0	0	1	0	0	0	0
Pterodroma incerta	1	3	6	4	3	5	5
Pterodroma mollis	2	2	4	9	5	5	6
Puffinus gravis	16	26	39	60	46	74	32
Puffinus griseus	2	51	12	12	11	14	13
Puffinus puffinus	343	396	387	663	474	756	406
Rynchops niger	7	7	4	2	1	4	6
Spheniscus magellanicus	1002	10798	3680	3355	5766	10305	6891
Stercorarius antarcticus	0	0	0	0	1	1	0
Stercorarius chilensis	2	1	3	1	3	2	0
Stercorarius longicaudus	2	0	2	0	1	1	0
Stercorarius macrormicki	2	1	1	0	2	0	0
Stercorarius parasiticus	1	3	4	1	1	1	4
Stercorarius pomarinus	1	1	2	1	1	0	2
Sterna dougallii	0	0	0	0	0	0	0
Sterna hirsutirostris	10	13	28	7	57	35	55
Sterna hirsutirostris	3	18	13	9	17	14	26
Sterna paradisaea	0	0	0	0	1	1	0
Sterna trudeaui	0	1	4	4	0	0	0
Sterna trudeaui	0	0	0	1	1	0	1
Sterna trudeaui	504	645	440	448	372	595	414
Sterna trudeaui	0	0	0	0	1	0	0
Sterna trudeaui	182	392	159	179	103	105	104
Thalassarche chlororhynchus	37	83	98	48	61	60	37
Thalassarche melanophrys	27	14	14	35	18	26	60
Thalassarche melanophrys	6	4	3	6	1	11	55
Thalassarche melanophrys	1	0	0	0	0	0	0
Xema sabini							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023

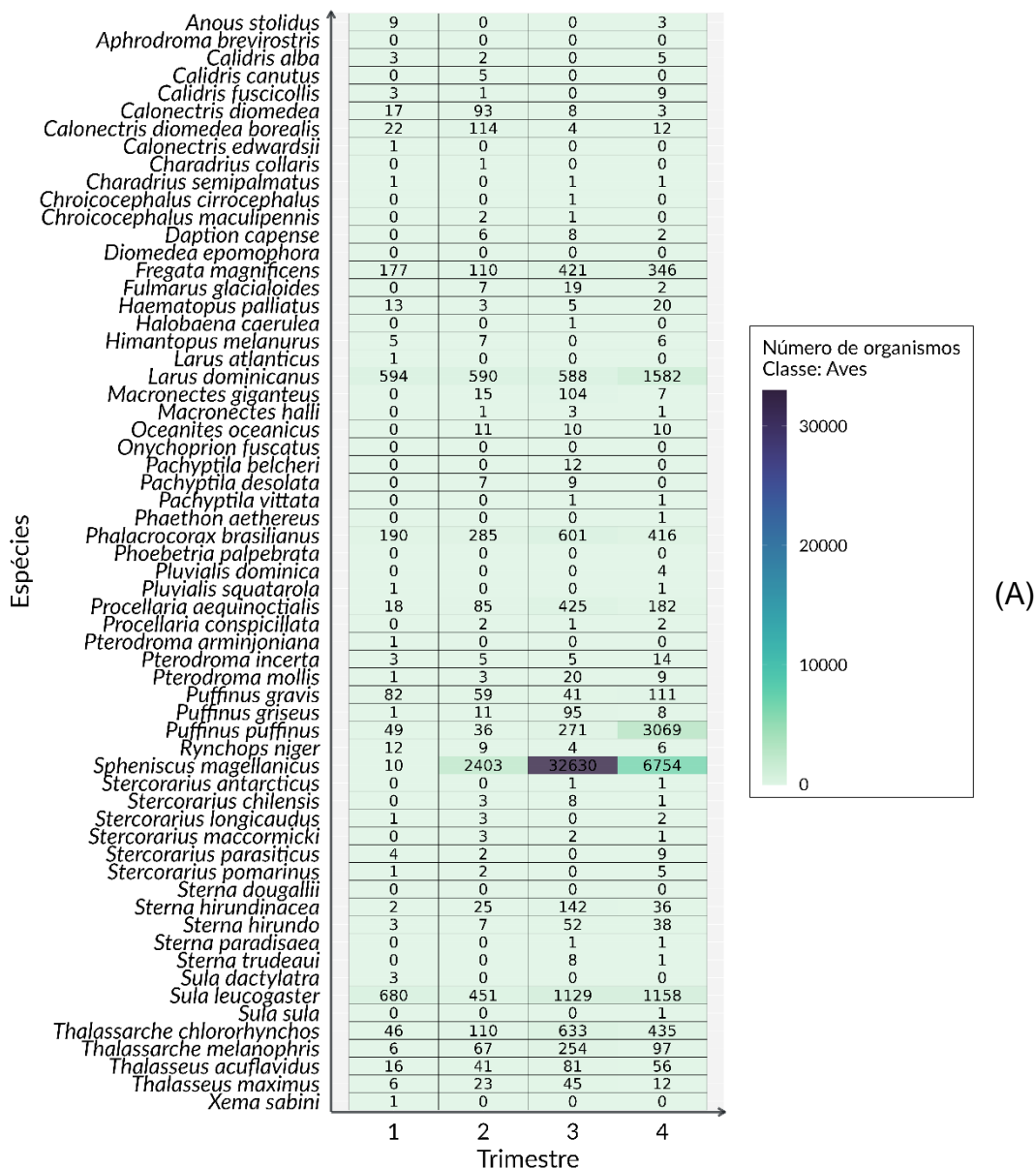
Ano

**Figura 5.2-1** – Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por ano, (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie.

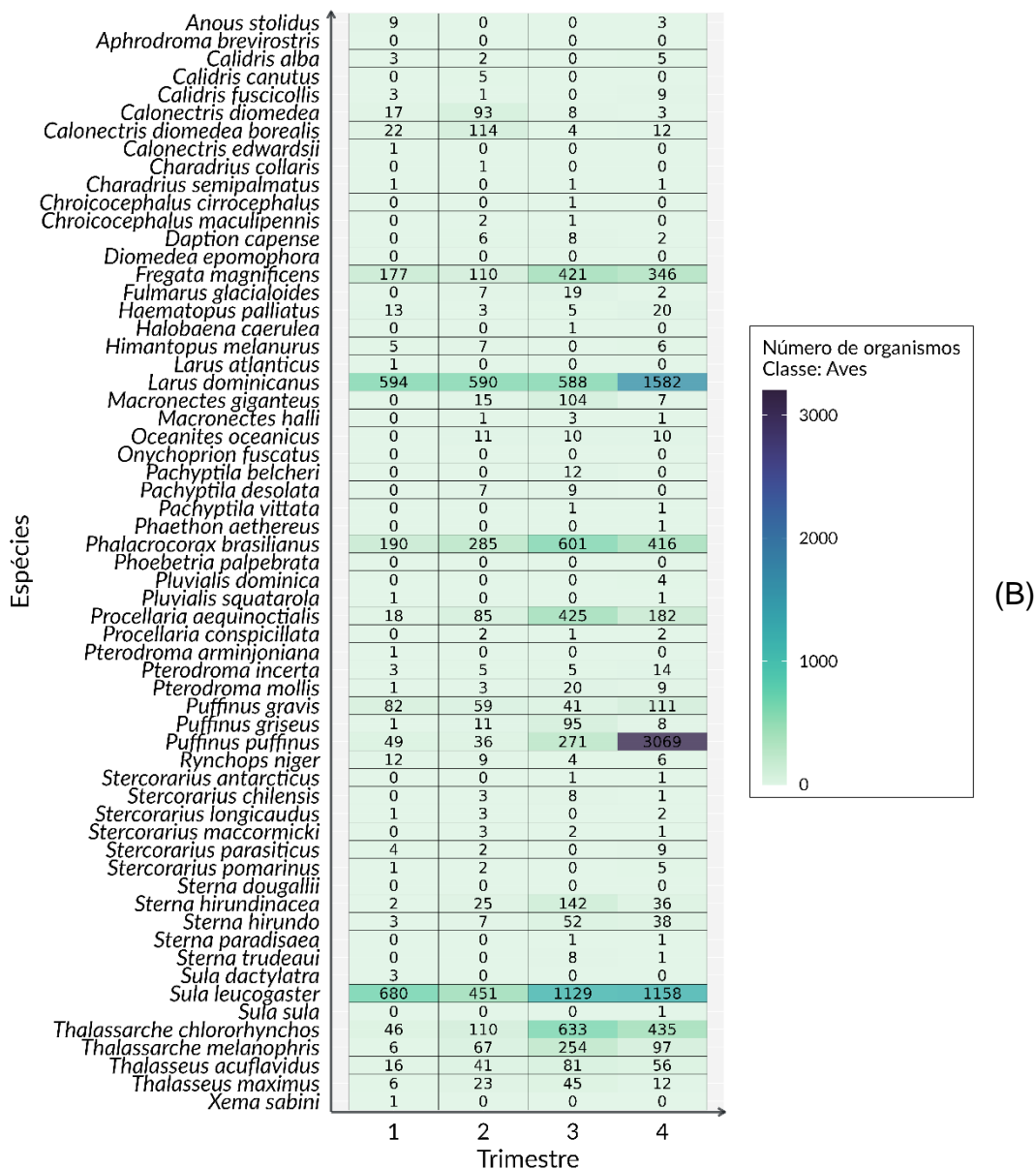
(B)

Espécies							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Anous stolidus	0	0	2	1	3	1	5
Aphrodroma brevirostris	0	0	0	0	0	0	0
Calidris alba	1	1	0	4	0	0	4
Calidris canutus	0	0	0	0	1	1	3
Calidris fuscicollis	1	0	0	0	3	1	8
Calonectris diomedea	68	40	11	0	0	1	1
Calonectris diomedea borealis	2	2	92	9	26	3	18
Calonectris edwardsii	0	1	0	0	0	0	0
Charadrius collaris	0	0	0	0	0	1	0
Charadrius semipalmatus	0	1	0	0	0	1	1
Chroicocephalus cirrocephalus	0	0	0	0	0	1	0
Chroicocephalus maculipennis	0	1	0	0	0	2	0
Daption capense	2	5	2	3	2	2	0
Diomedea epomophora	0	0	0	0	0	0	0
Fregata magnificens	122	180	148	109	118	173	204
Fulmarus glacialis	0	0	9	9	1	2	7
Haematopus palliatus	2	3	6	7	7	9	7
Halobaena caerulea	0	1	0	0	0	0	0
Himantopus melanurus	1	7	2	2	2	2	2
Larus atlanticus	0	1	0	0	0	0	0
Larus dominicanus	469	461	519	451	483	505	466
Macronectes giganteus	18	6	24	13	21	37	7
Macronectes halli	0	1	1	1	0	2	0
Oceanites oceanicus	4	4	10	5	4	3	1
Onychoprion fuscatus	0	0	0	0	0	0	0
Pachyptila belcheri	0	8	0	0	0	0	4
Pachyptila desolata	0	3	1	4	4	2	2
Pachyptila vittata	0	0	0	0	0	2	0
Phaethon aethereus	0	0	0	0	1	0	0
Phalacrocorax brasilianus	222	132	223	122	174	322	297
Phoebastria palpebrata	0	0	0	0	0	0	0
Pluvialis dominica	0	0	0	0	0	0	4
Pluvialis squatarola	0	0	0	1	0	0	1
Procellaria aequinoctialis	32	146	119	115	81	115	102
Procellaria conspicillata	2	0	0	2	1	0	0
Pterodroma arminjoniana	0	0	1	0	0	0	0
Pterodroma incerta	1	3	6	4	3	5	5
Pterodroma mollis	2	2	4	9	5	5	6
Puffinus gravis	16	26	39	60	46	74	32
Puffinus griseus	2	51	12	12	11	14	13
Puffinus puffinus	343	396	387	663	474	756	406
Rynchops niger	7	7	4	2	1	4	6
Stercorarius antarcticus	0	0	0	0	1	1	0
Stercorarius chilensis	2	1	3	1	3	2	0
Stercorarius longicaudus	2	0	2	0	1	1	0
Stercorarius maccormicki	2	1	1	0	2	0	0
Stercorarius parasiticus	1	3	4	1	1	1	4
Stercorarius pomarinus	1	1	2	1	1	0	2
Sterna dougallii	0	0	0	0	0	0	0
Sterna hirsutirostris	10	13	28	7	57	35	55
Sterna hirsutirostris	3	18	13	9	17	14	26
Sterna paradisaea	0	0	0	0	1	1	0
Sterna trudeaui	0	1	4	4	0	0	0
Sula dactylatra	0	0	0	1	1	0	1
Sula leucogaster	504	645	440	448	372	595	414
Sula sula	0	0	0	0	1	0	0
Thalassarche chlororhynchus	182	392	159	179	103	105	104
Thalassarche melanophrys	37	83	98	48	61	60	37
Thalasseus aculeatus	27	14	14	35	18	26	60
Thalasseus maximus	6	4	3	6	1	11	55
Xema sabini	1	0	0	0	0	0	0

Figura 5.2-1 (cont.)

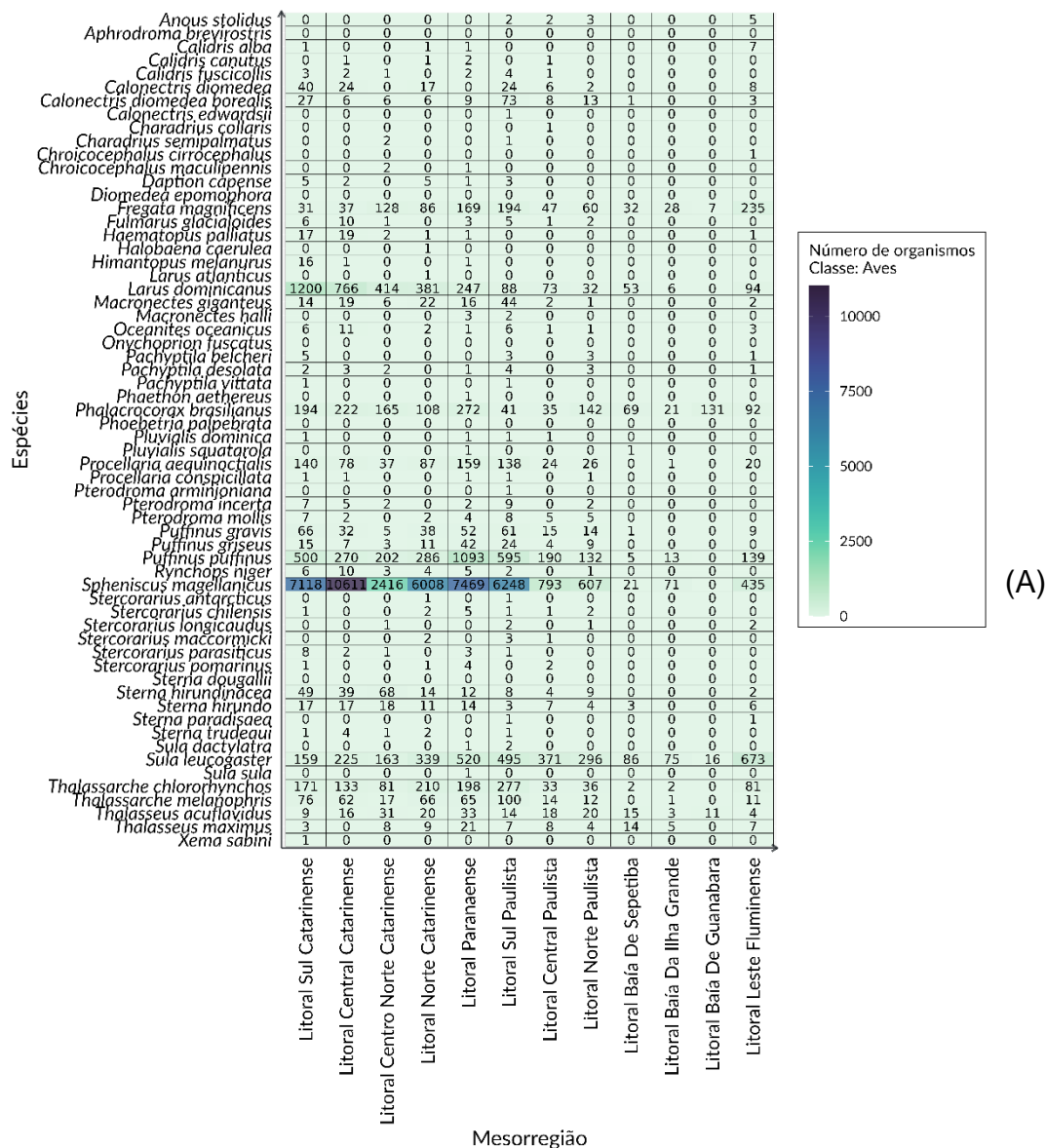


**Figura 5.2-2 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por trimestre (período de 2017 a 2023), (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie.**

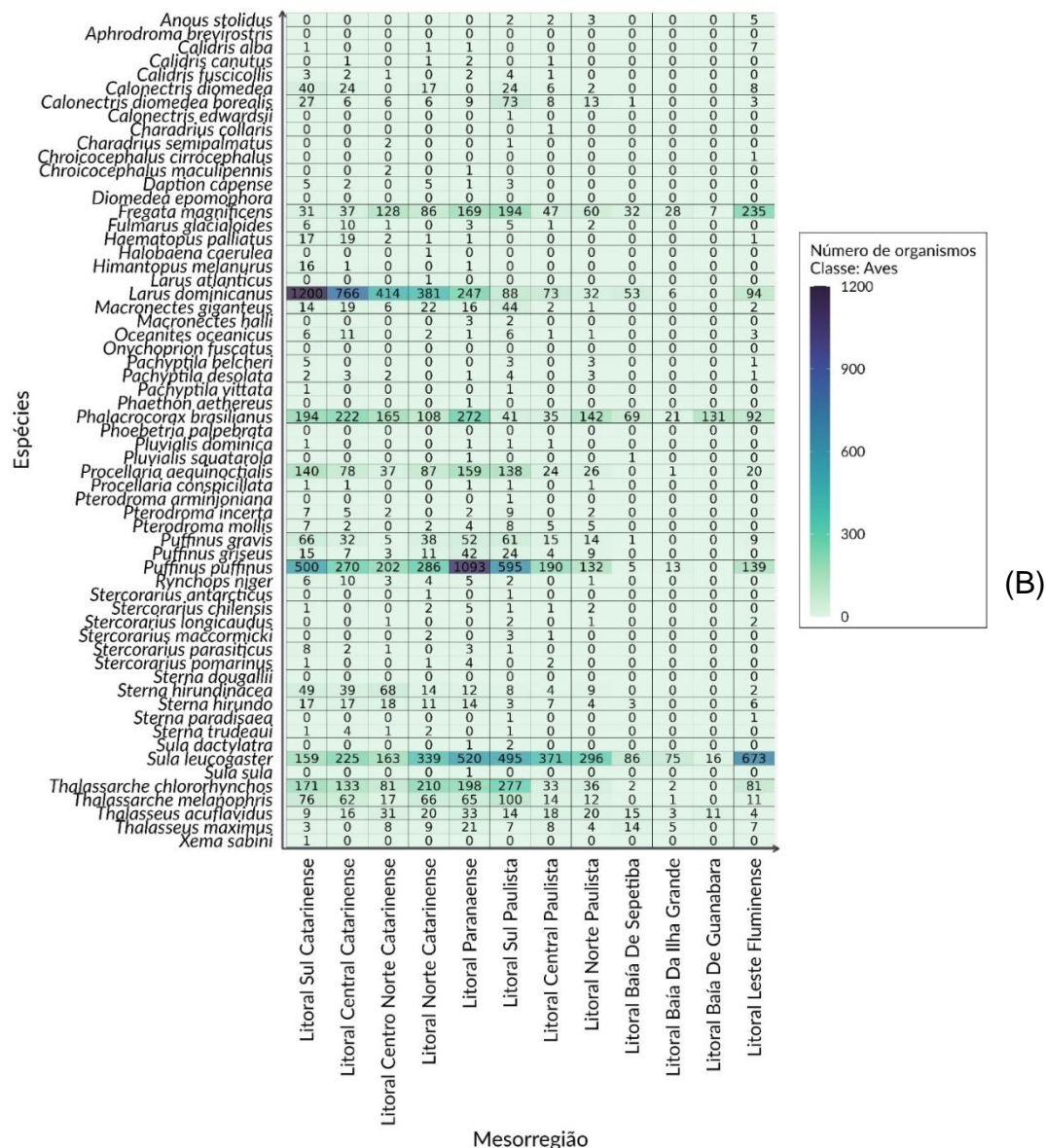


**Figura 5.2-2 (cont.)**





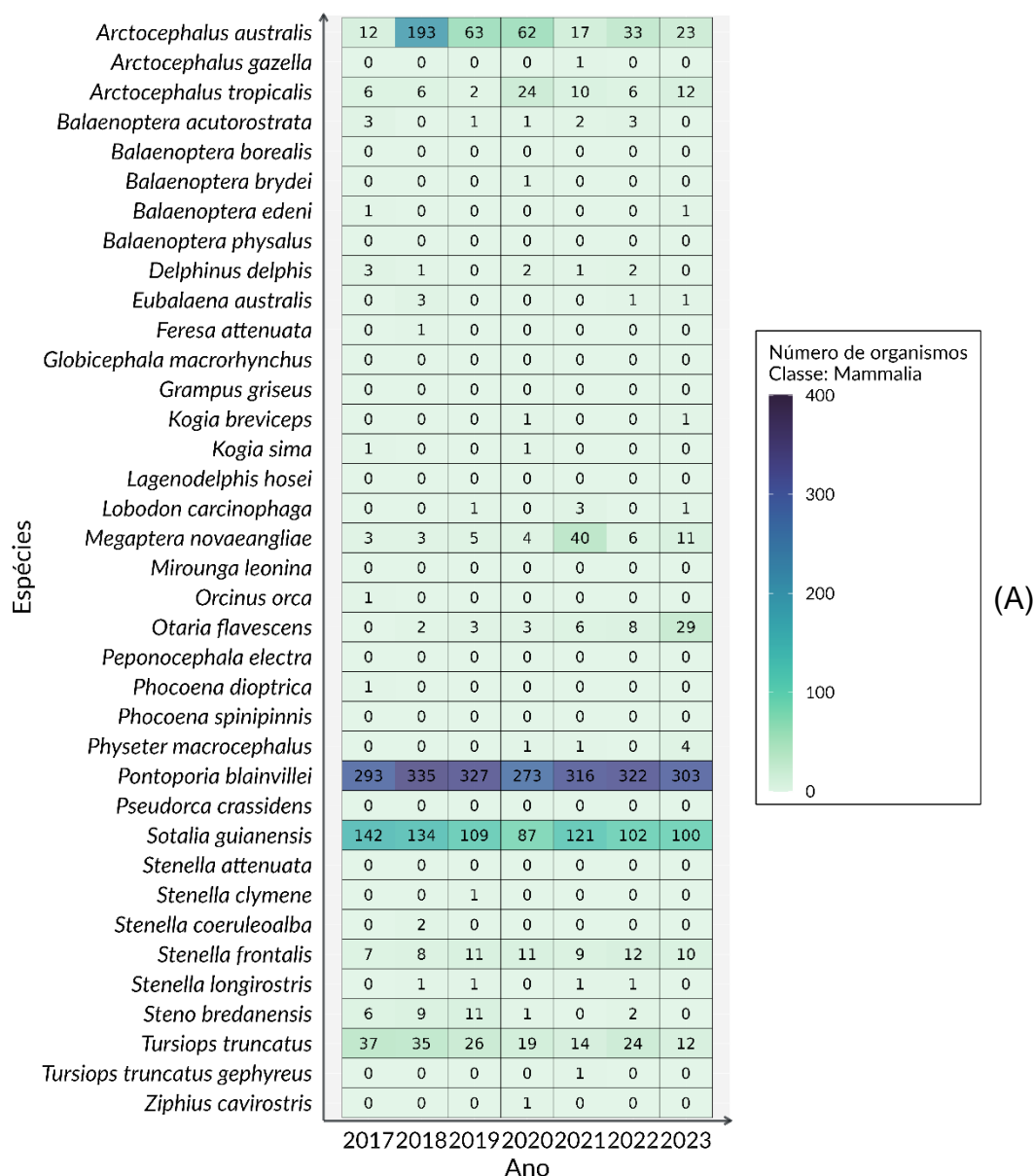
**Figura 5.2-3 – Mapa de calor da quantidade de exemplares de aves registradas por mesorregião (período de 2017 a 2023), (A) incluindo pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), e (B) sem incluir esta espécie. Mesorregiões ordenadas de sul (esquerda) para norte (direita)**



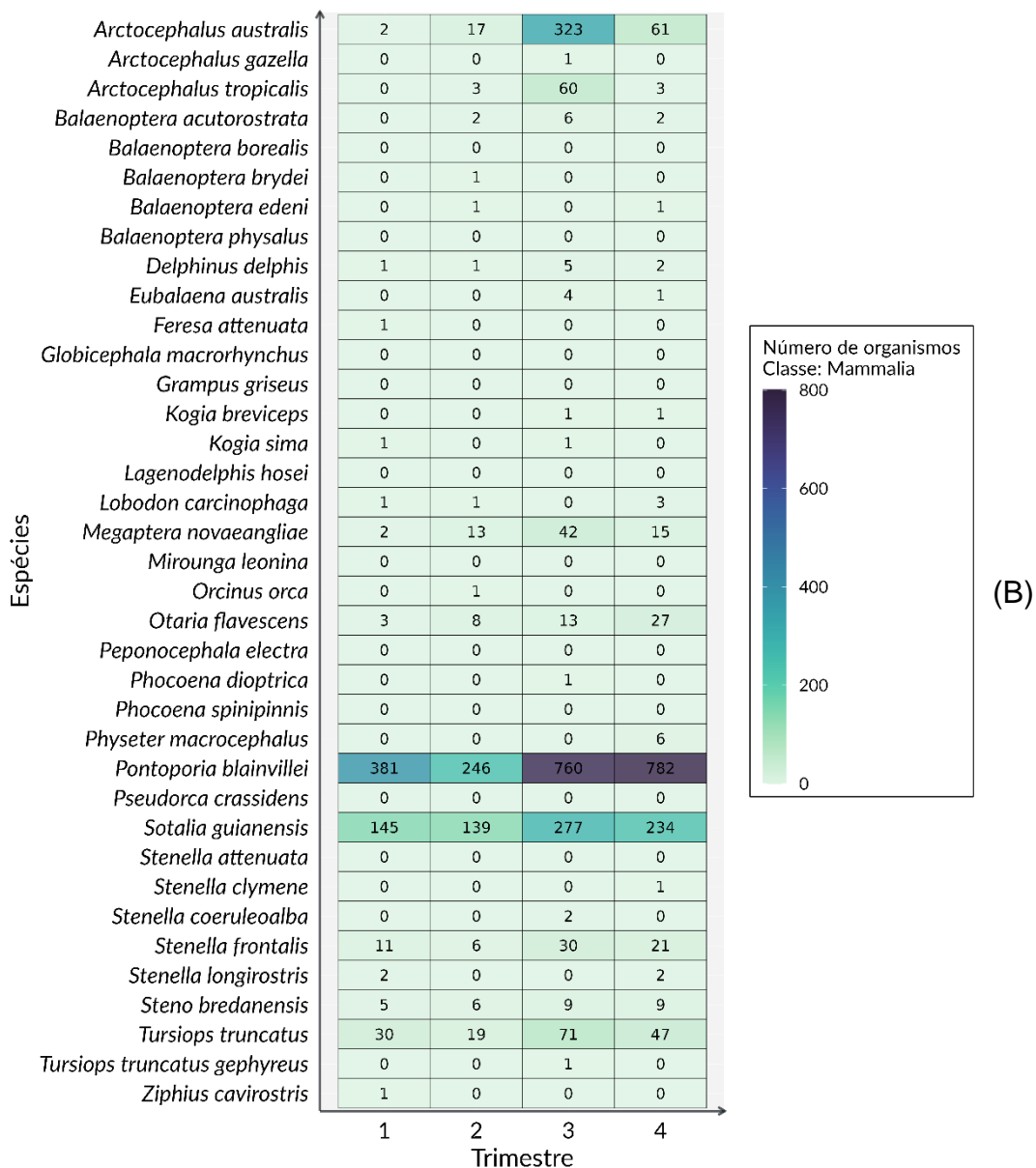
**Figura 5.2-3 (cont.)**

No caso dos mamíferos também fica clara a predominância em termos numéricos da toninha, *Pontoporia blainvillei*, tanto em 2023 como em anos anteriores (**Figura 5.2-4A**), mas com maior frequência no segundo semestre (**Figura 5.2-4B**). A maior ocorrência do boto-cinza, *Sotalia guianensis*, também no segundo semestre é causada principalmente pela ocorrência na mesorregião do Litoral Paranaense (**Figura 5.2-5**). Apesar de, no segundo semestre de 2017 ter havido um evento de mortalidade atípica na região da Baía de Sepetiba e, em menor intensidade, na Baía da Ilha Grande (GROCH et al., 2018; FLACH et al., 2019), a maior parte dos animais foi registrada

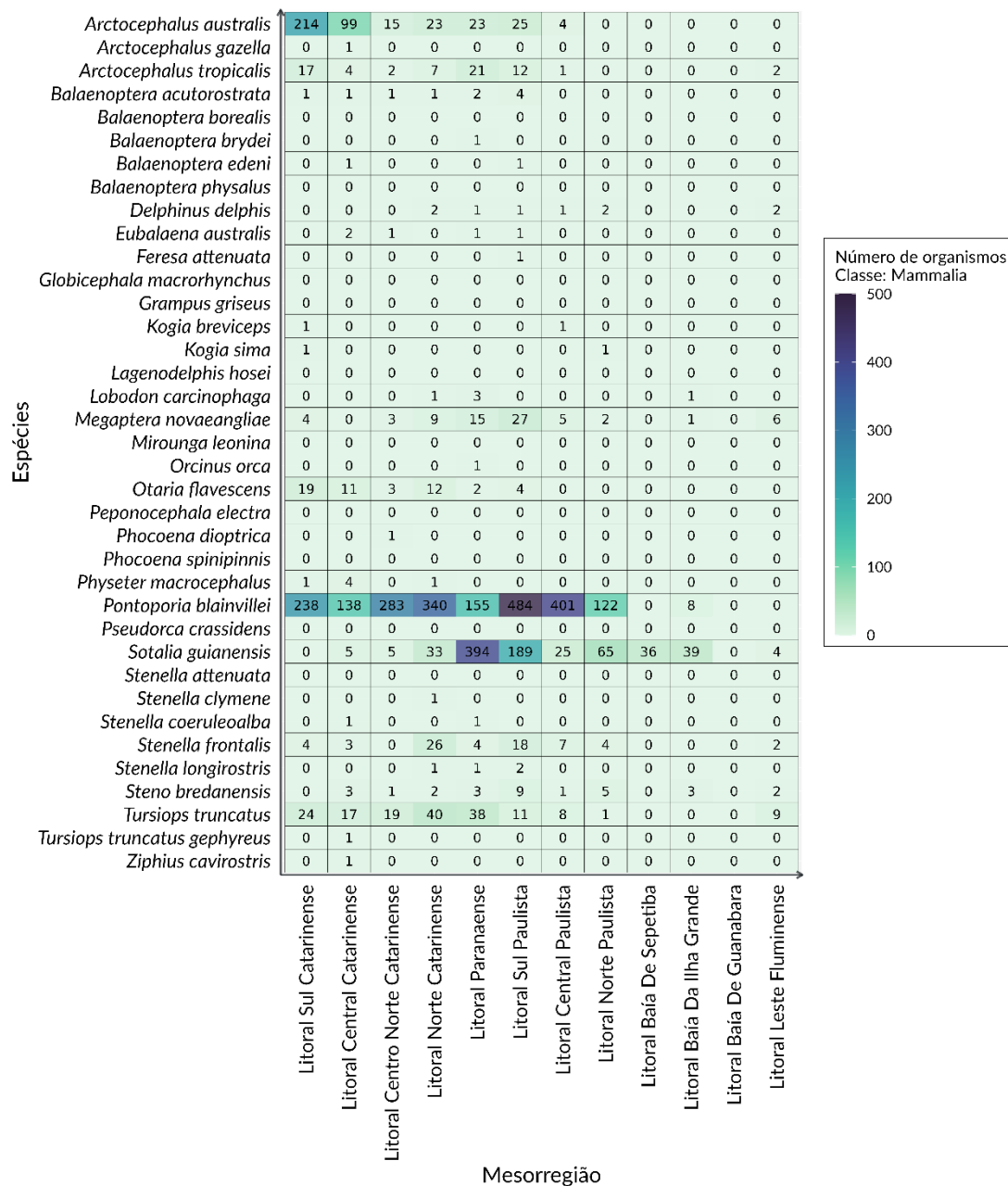
através de acionamentos, e nesta seção estão sendo apresentados apenas os registra feitos no monitoramento terrestre, pois estes é que serão utilizados nas análises de padrões de encalhes. Dentre os pinípedes, em 2023 se destaca a maior ocorrência do lobo-marinho, *Otaria flavescens*, já comentada no Volume 1.



**Figura 5.2-4** – Mapa de calor da quantidade de exemplares de mamíferos registrados por (A) ano e (B) trimestre.



**Figura 5.2-4 (cont.)**

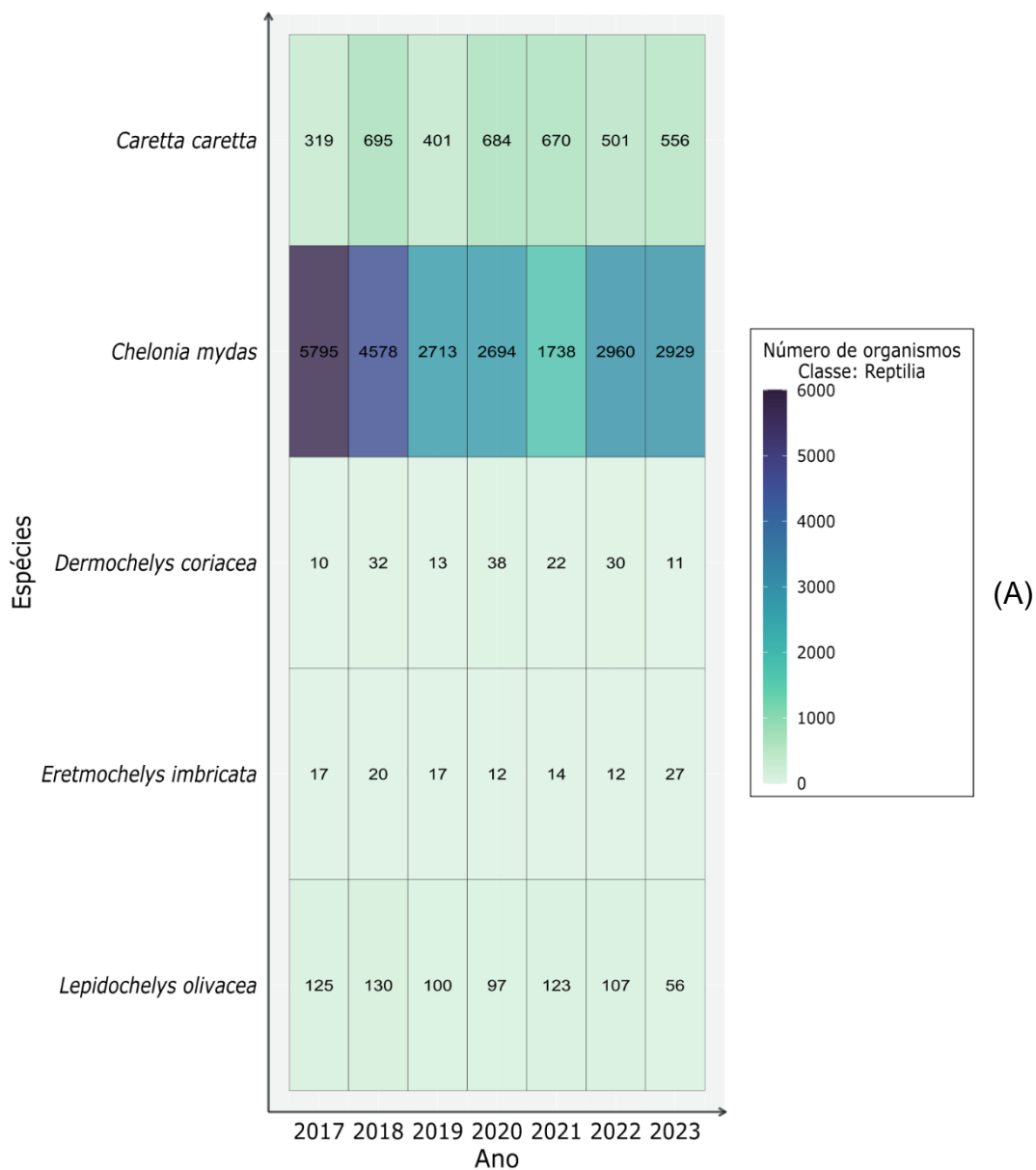


**Figura 5.2-5** – Mapa de calor da quantidade de exemplares de mamíferos registrados por mesorregião (período de 2017 a 2023). Mesorregiões ordenadas de sul (esquerda) para norte (direita).

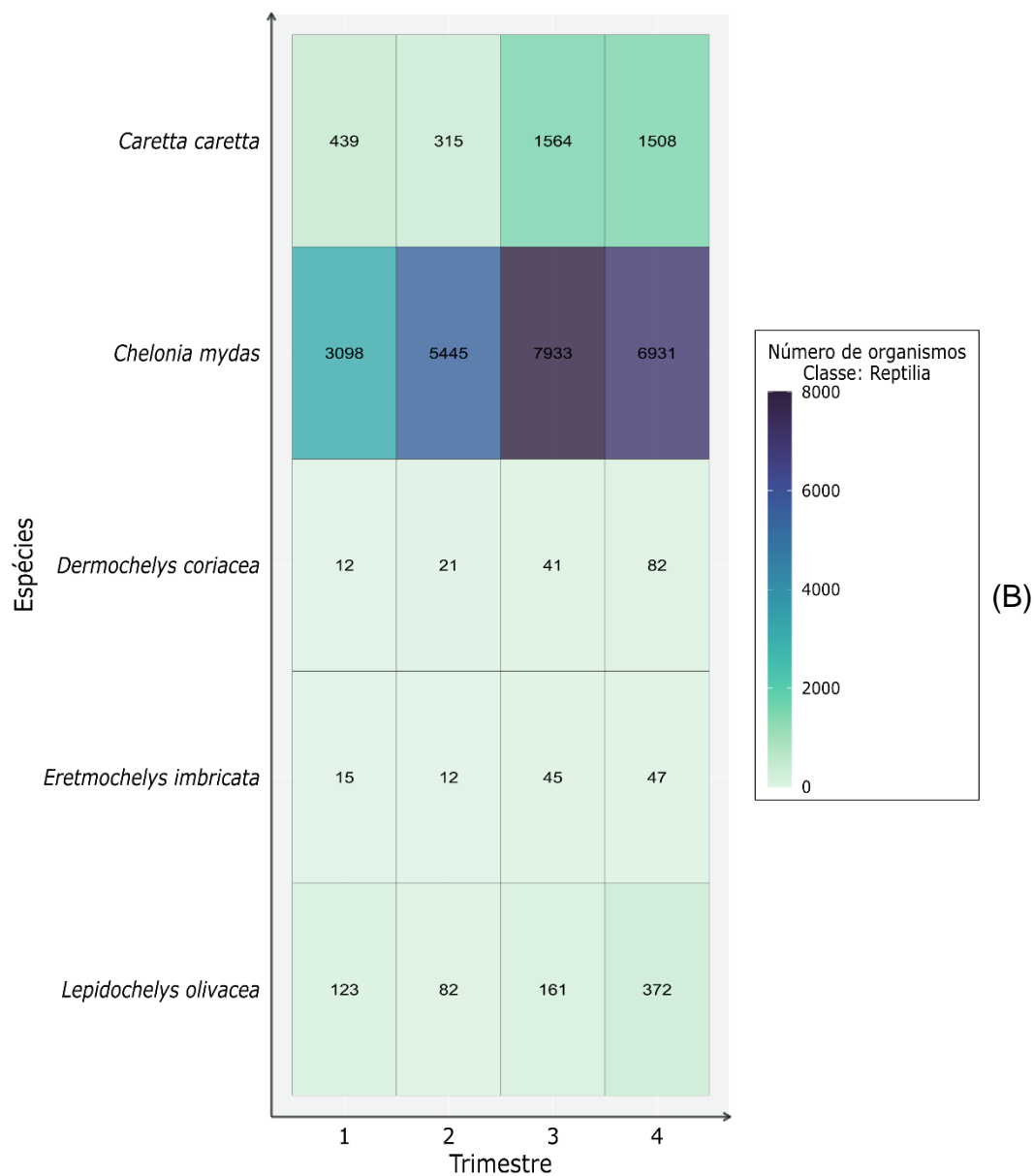
Para as tartarugas marinhas, a análise exploratória mostrou que a predominância da tartaruga-verde, *Chelonia mydas*, prevalece ao longo dos anos, mas mostrando claramente uma queda na quantidade de registros entre 2017 e 2021, e aumento em 2022 e 2023 (**Figura 5.2-6A**). Para todas as espécies foi observada uma tendência de maior ocorrência no segundo semestre (**Figura 5.2-6B**). Por sua vez, a tartaruga-oliva, *Lepidochelys*

*olivacea* apresenta uma variação espacial com maior ocorrência no Litoral Sul Paulista e decrescendo tanto para norte como para sul (**Figura 5.2-7**). Somente o Litoral Leste Fluminense foge deste padrão, aumentando a ocorrência desta espécie consideravelmente. Uma vez que a partir de 2023 o Litoral Central Fluminense passou a ter monitoramentos regulares, será interessante avaliar este padrão espacial nos próximos anos, de forma a investigar se a baixa quantidade de ocorrências da tartaruga-oliva no litoral do Rio de Janeiro era efeito da estratégia amostral ou de uma variação real na abundância.

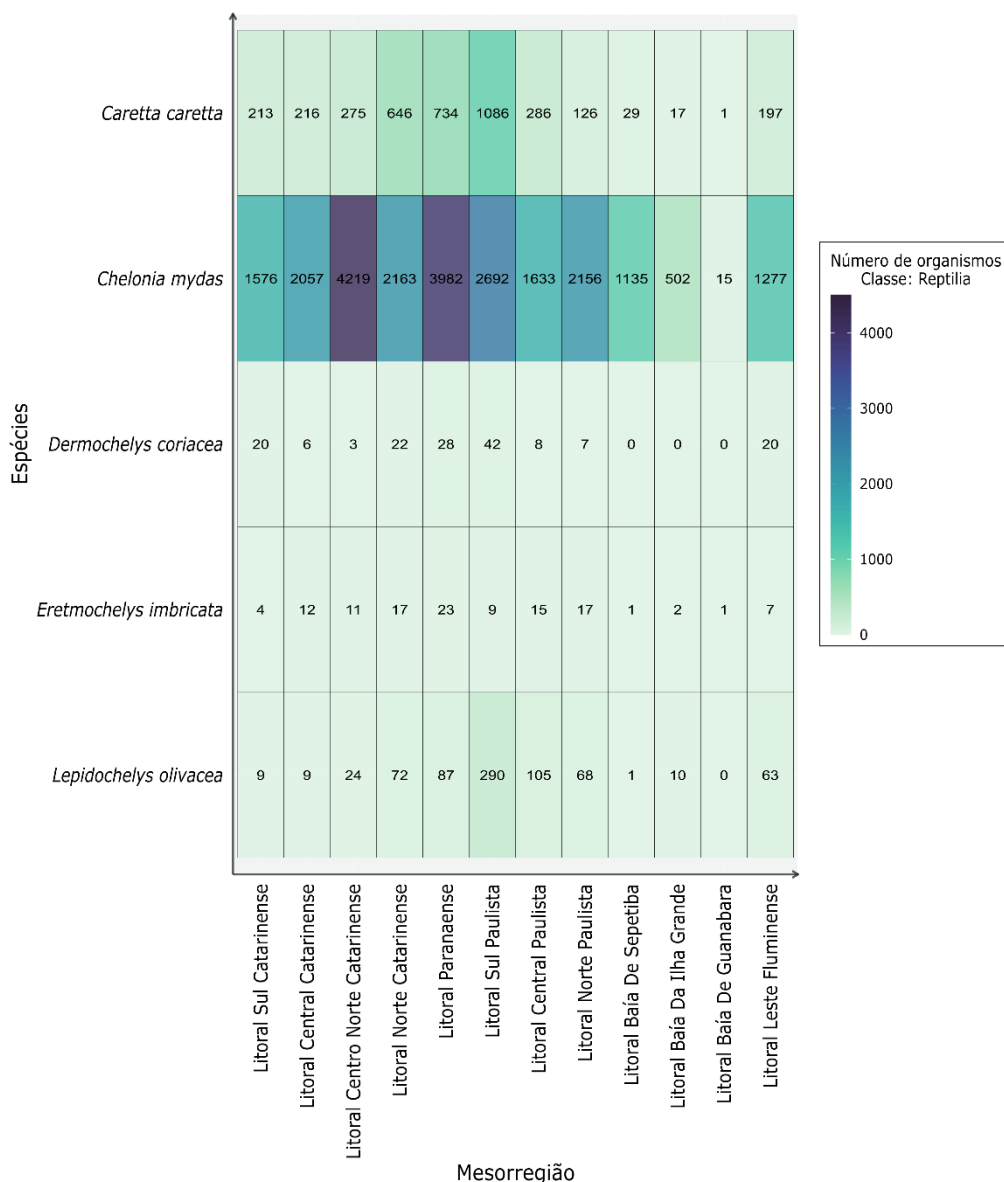




**Figura 5.2-6** – Mapa de calor da quantidade de exemplares de tartarugas marinhas registradas por (A) ano e (B) trimestre.



**Figura 5.2-6 (cont.)**



**Figura 5.2-7** – Mapa de calor da quantidade de exemplares de tartarugas marinhas registradas por mesorregião (período de 2017 a 2023).

## Aves

Nas aves os resultados da RDA apontaram significância para os mesmos fatores da análise realizada em 2022: tempo (trimestre e ano), espaço (mesorregião), e variáveis ambientais “variação da Altura Significativa de Onda” e o “valor médio da Temperatura Superficial do Mar” (**Tabela 5.2-1**). As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encaixes de aves. A seguir são apresentados os resultados dos modelos finais,

sendo que as tabelas com os modelos completos são apresentadas no Apêndice 5 - Análise de Redundância.

**Tabela 5.2-1** – Resumo do modelo final da análise de RDA para aves registradas pelo PMP-BS por monitoramento terrestre diário entre 2017 e 2023.

Parâmetro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	6	0,02249	4,6686	0,001
Fator (trimestre)	3	0,10499	43,5936	0,001
Mesorregião	11	0,10849	12,2854	0,001
Altura Sign. Onda (0-20m) desv. pad.	1	0,00181	2,2556	0,037
Temperatura (0-20m) média	1	0,00524	6,5341	0,001
Residual	313	0,25129		
R <sup>2</sup> = 0,49165				
R <sup>2</sup> ajustado = 0,4559				

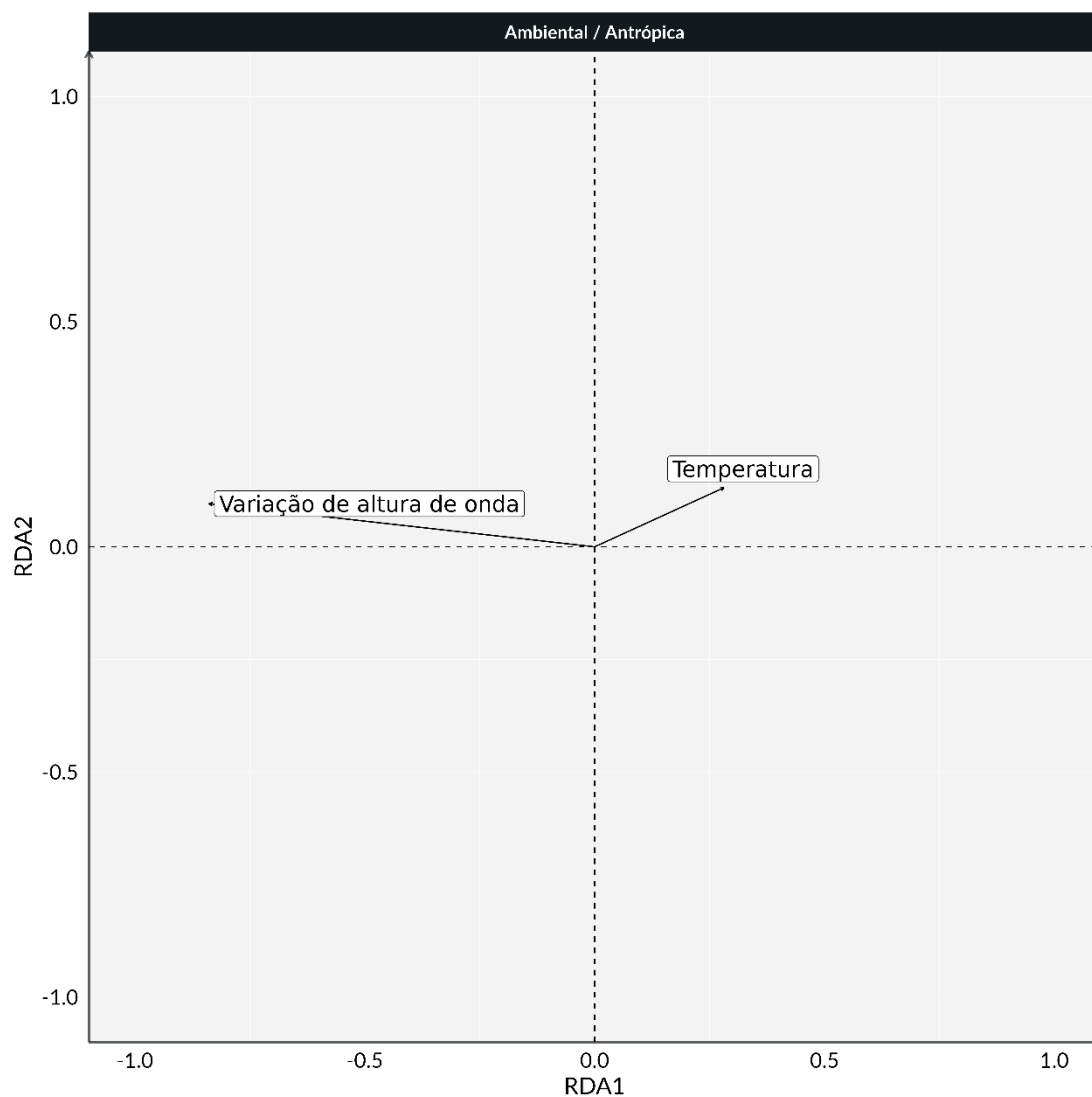
Dentre as variáveis ambientais, a temperatura e a variação da altura de ondas apresentaram significância para Aves, com escores inversos na RDA1 (**Figura 5.2-8**). Diferente do observado na análise de 2022 (PETROBRAS, 2023), não se identificou em 2023 variáveis antrópicas que apresentassem significância com a variabilidade dos encalhes de aves. É importante lembrar que para estas análises estão sendo agregados os registros de cada ano, portanto os animais utilizados nos relatórios anteriores também estão nas análises deste ano. Assim, a observação de que a temperatura e a variabilidade da altura de onda se mantiveram significativas nas análises de 2021 e de 2022, indicariam que ambas têm um efeito de mais longo prazo na quantidade de encalhes. É interessante que ambas apresentaram cargas opostas no eixo RDA1, sugerindo padrões opostos de variação.

As cargas das mesorregiões no eixo RDA1 mostram valores inversos para as mesorregiões ao sul da área de estudo (Santa Catarina, Paraná e sul de São Paulo) e para as do norte de São Paulo e Rio de Janeiro (**Figura 5.2-9**). A separação entre estes dois últimos estados acontece principalmente no eixo RDA2 e separa as mesorregiões com áreas mais abertas (Litoral Leste Fluminense e Litoral Central Paulista) daquelas com costas mais recortadas e com muitas ilhas (Litoral Norte Paulista e baías de Sepetiba, Ilha Grande e Guanabara). A análise dos resultados das espécies (**Figura 5.2-12**) mostra que o eixo RDA2 tem valores altos para *Larus dominicanus* e *Puffinus puffinus*, e

em oposição aos de *Phalacrocorax brasilianus*, corroborando a variação observada nos mapas de calor das mesorregiões.

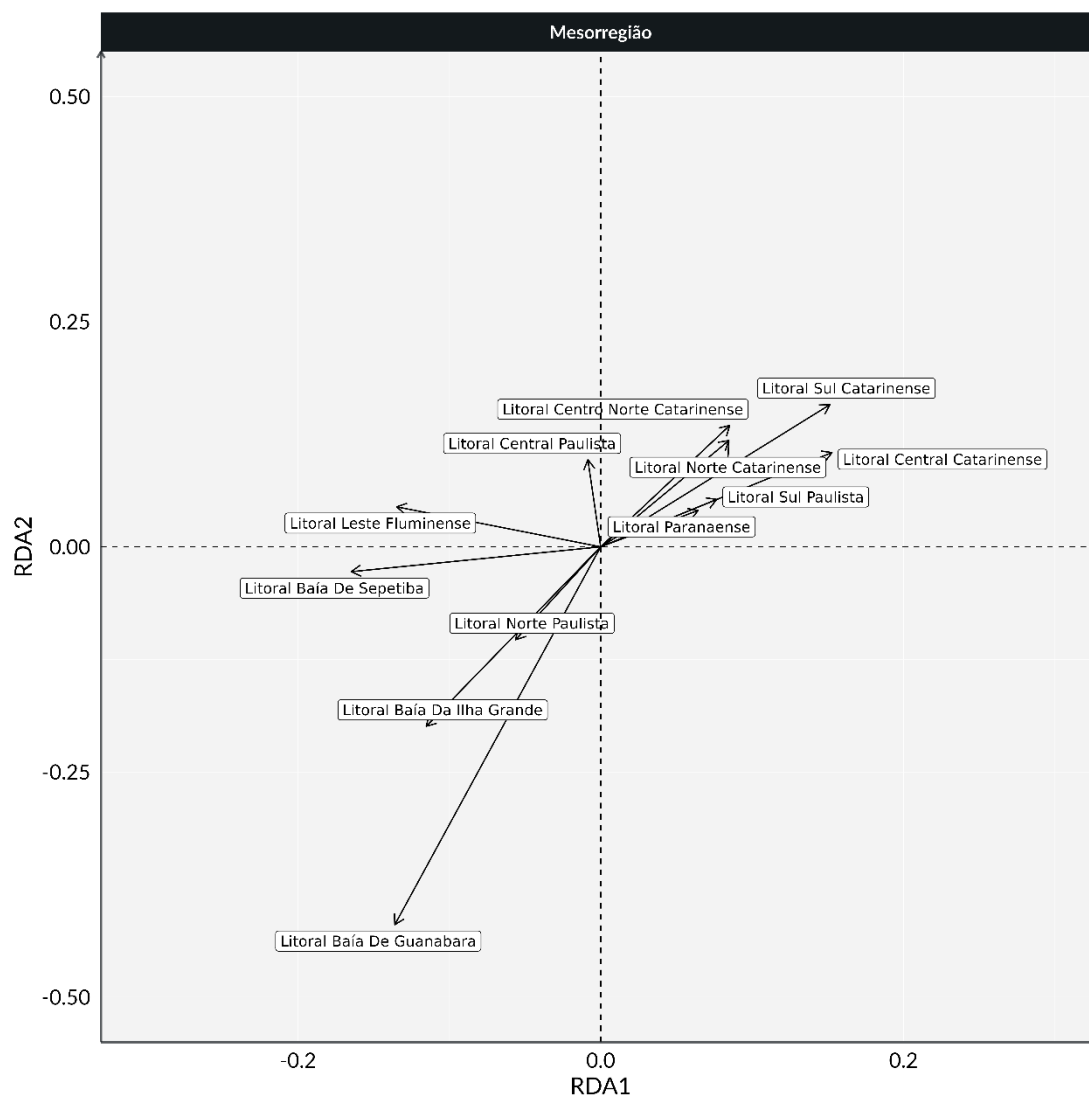
Com relação à variação interanual (**Figura 5.2-11**), a maior variação de valores está principalmente no eixo RDA1, aparentemente causada por uma maior influência da ocorrência de pinguins-de-Magalhães. Entretanto, 2022 se destaca com valores altos no eixo RDA2, e 2018 tem valores baixos no mesmo. Uma vez que estes dois anos foram os que tiveram as maiores quantidades de encalhes de pinguins-de-Magalhães, fica claro que o padrão observado não é unicamente causado por esta espécie. Considerando o conjunto das variáveis que apresentaram altas cargas no eixo RDA1 (pinguins, 2020 e 2022, temperatura da água e o 3º trimestre/inverno), é possível interpretar isto como uma indicação de que anos com um padrão de maiores temperaturas no inverno tendem a ter maior ocorrência dessa espécie de pinguim. Mas é interessante notar que os valores de carga para os dois eixos da variação interanual são baixos ( $< 0,10$ ) quando comparados com os valores dos trimestres ( $> 0,20$ ), indicando que a variação sazonal tem efeitos mais fortes do que a interanual.

Considerando os resultados para as espécies (**Figura 5.2-12**), se observa que *S. magellanicus* apresenta altos valores no eixo RDA1, enquanto *S. leucogaster* também apresentam valores altos mas em sentido oposto, refletindo o padrão norte-sul já observado ao se analisar as mesorregiões (**Figura 5.2-9**). Por sua vez, *L. dominicanus*, *P. puffinus* e *P. brasilianus* apresentam os maiores valores no eixo RDA 2, sendo as duas primeiras com valores opostos à última. Uma vez que os trimestres 1 e 3 (verão e inverno) e as variáveis ambientais tiveram altas cargas no eixo 1, isso sugere que a variabilidade da ocorrência destas três espécies tende a ser independente da variabilidade das condições ambientais ou da sazonalidade.

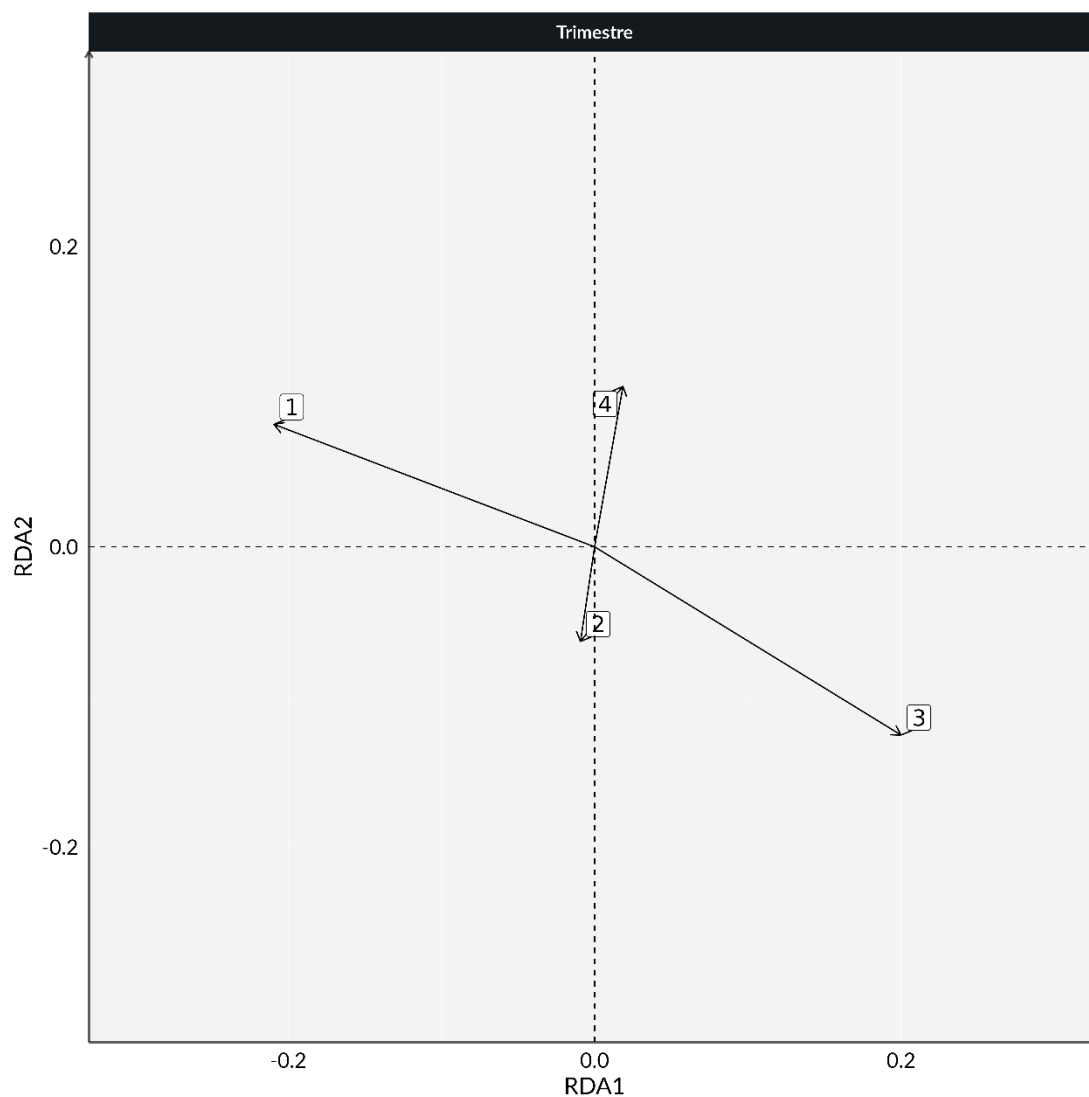


**Figura 5.2-8** – Resultados da RDA para aves: variáveis ambientais significativas. Nenhuma variável antrópica apresentou significância na análise.

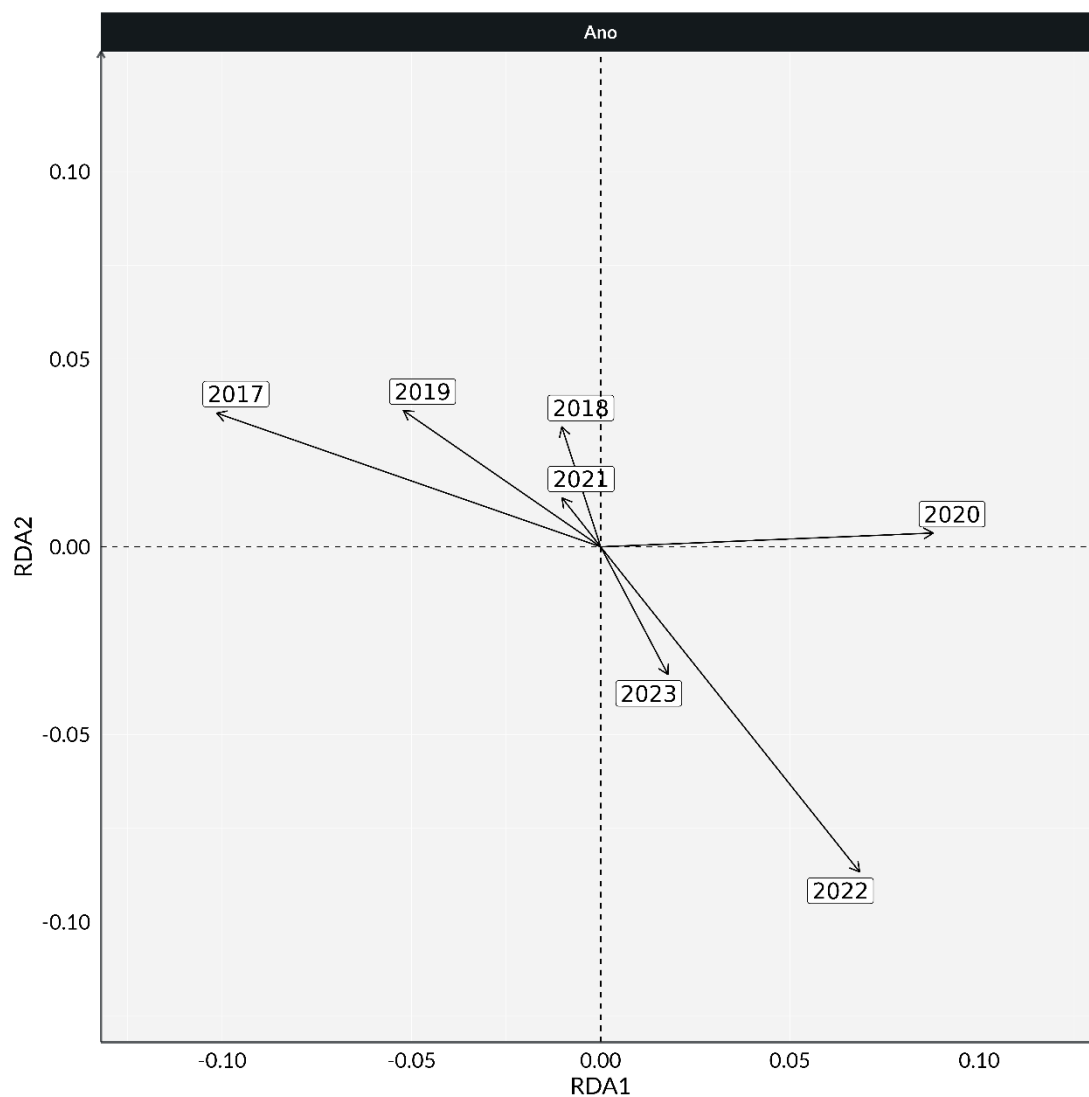




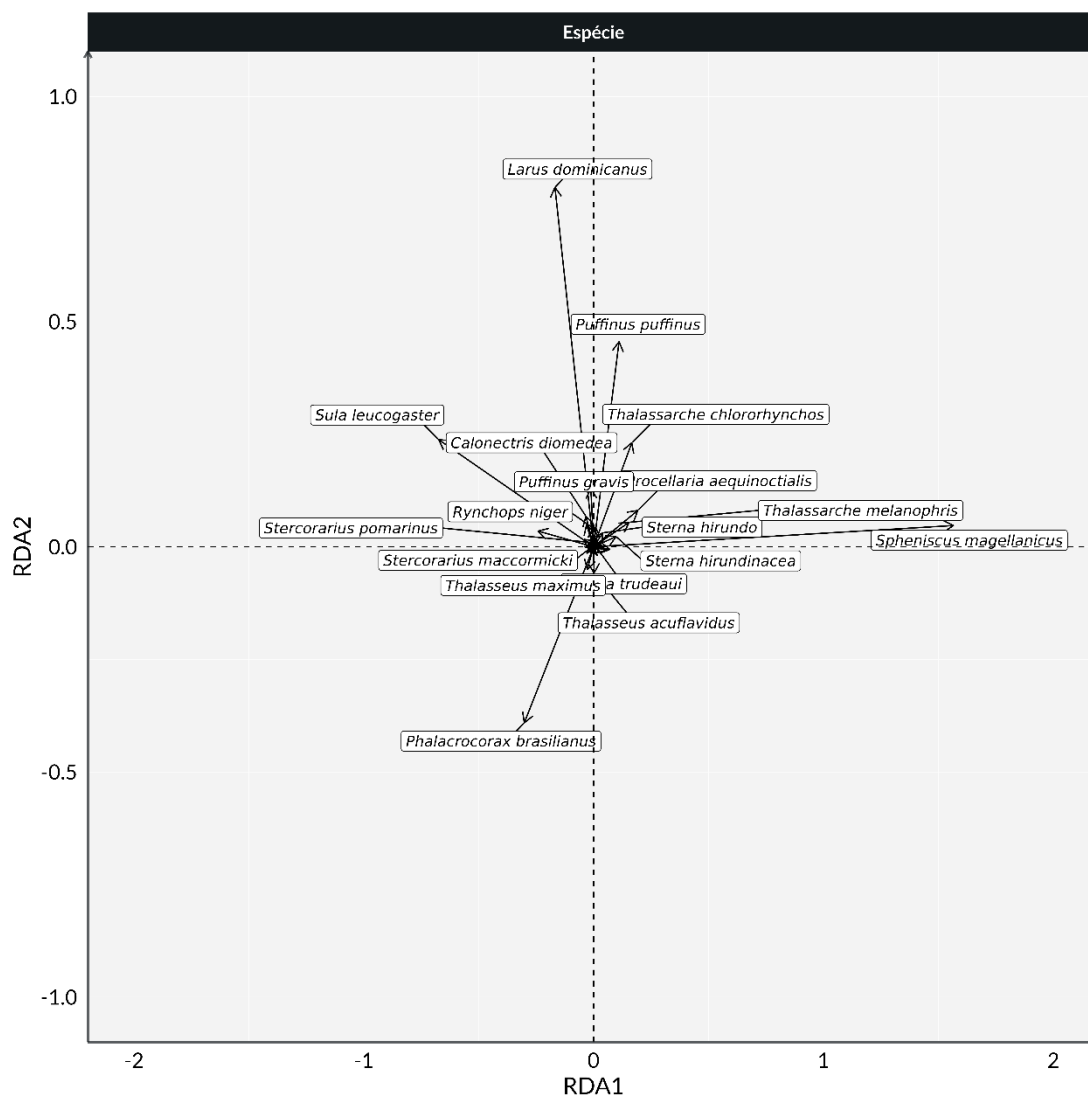
**Figura 5.2-9 – Resultados da RDA para aves: mesorregiões.**



**Figura 5.2-10** – Resultados da RDA para aves: trimestres.



**Figura 5.2-11** – Resultados da RDA para aves: anos.



**Figura 5.2-12** – Resultados da RDA para aves: espécies.

### *Tartarugas Marinhas*

Os resultados da RDA para as tartarugas marinhas, assim como para as aves, apontaram significância para os fatores temporais (sazonalidade e ano) e espaciais (mesorregião). Entretanto, para as variáveis ambientais, foram significativas a média da temperatura da água, variabilidade da clorofila (desvio padrão) e média da altura de ondas (**Tabela 5.2-2**). Dentre as variáveis antrópicas, foi significativo a intensidade do tráfego de embarcações da Petrobras, assim como em 2022. As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de tartarugas marinhas. A seguir são apresentados os resultados dos modelos finais, sendo que as tabelas com os

modelos completos são apresentadas no Apêndice 5 - Análise de Redundância.

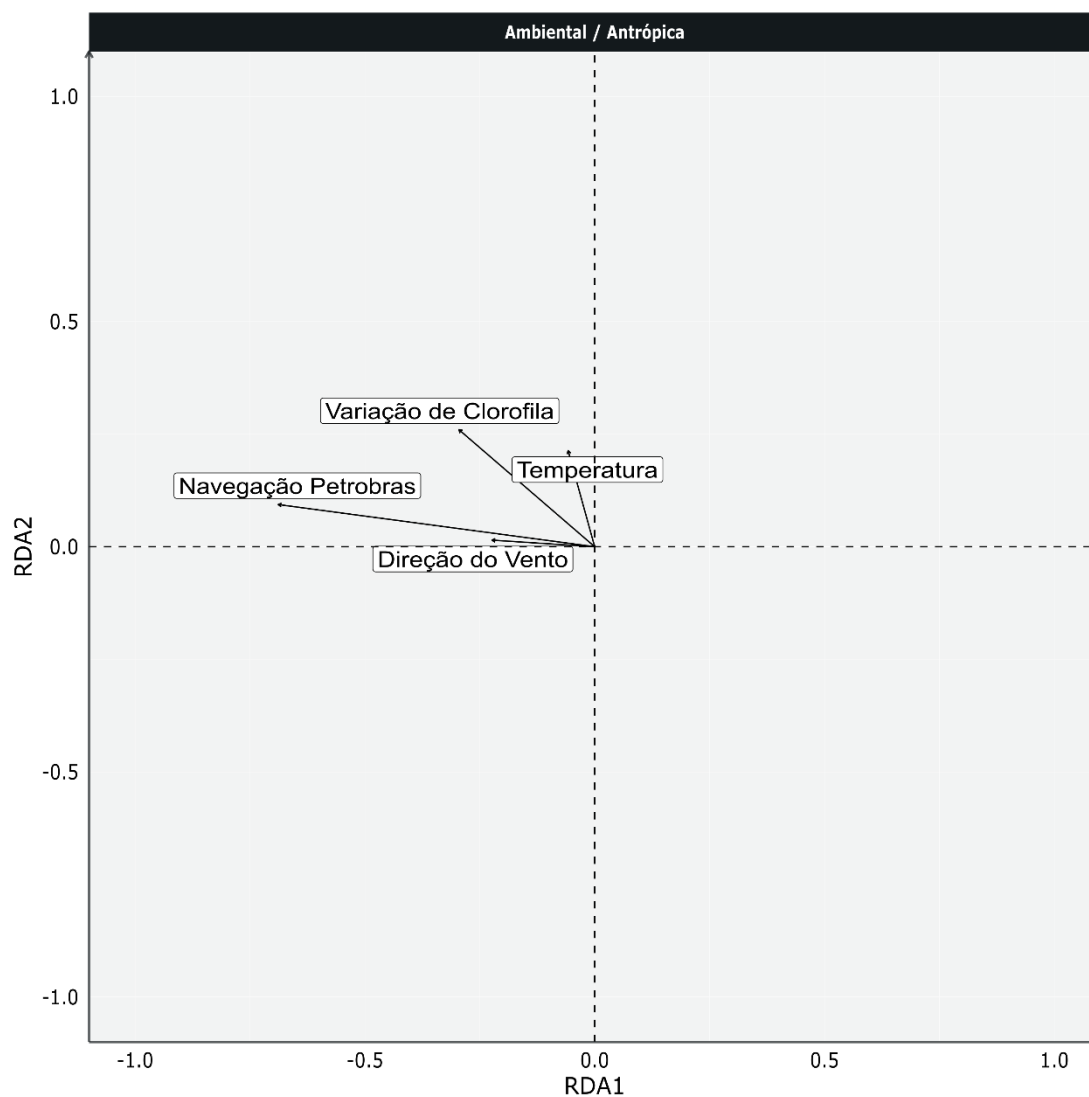
**Tabela 5.2-2** – *Resumo do modelo final da análise de RDA para tartarugas marinhas registrados pelo PMP-BS entre 2017 e 2023.*

Parametro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	6	0,007317	9,0175	0,001 ***
Fator (trimestre)	3	0,003504	8,6371	0,001 ***
Messoregião	11	0,057770	38,8323	0,001 ***
Temperatura (0-20m) média	1	0,001070	7,9124	0,001 ***
Clorofila (0-20m) desv. pad.	1	0,000717	5,3013	0,004 **
Vento (componente zonal u, 0-20m) médio	1	0,000273	2,0158	0,110
Tráfego Embarcações Petrobras (0-20m) média	1	0,002851	21,0808	0,001 ***
Residual	311	0,042061		
R <sup>2</sup> = 0,6360				
R <sup>2</sup> ajustado = 0,6079				

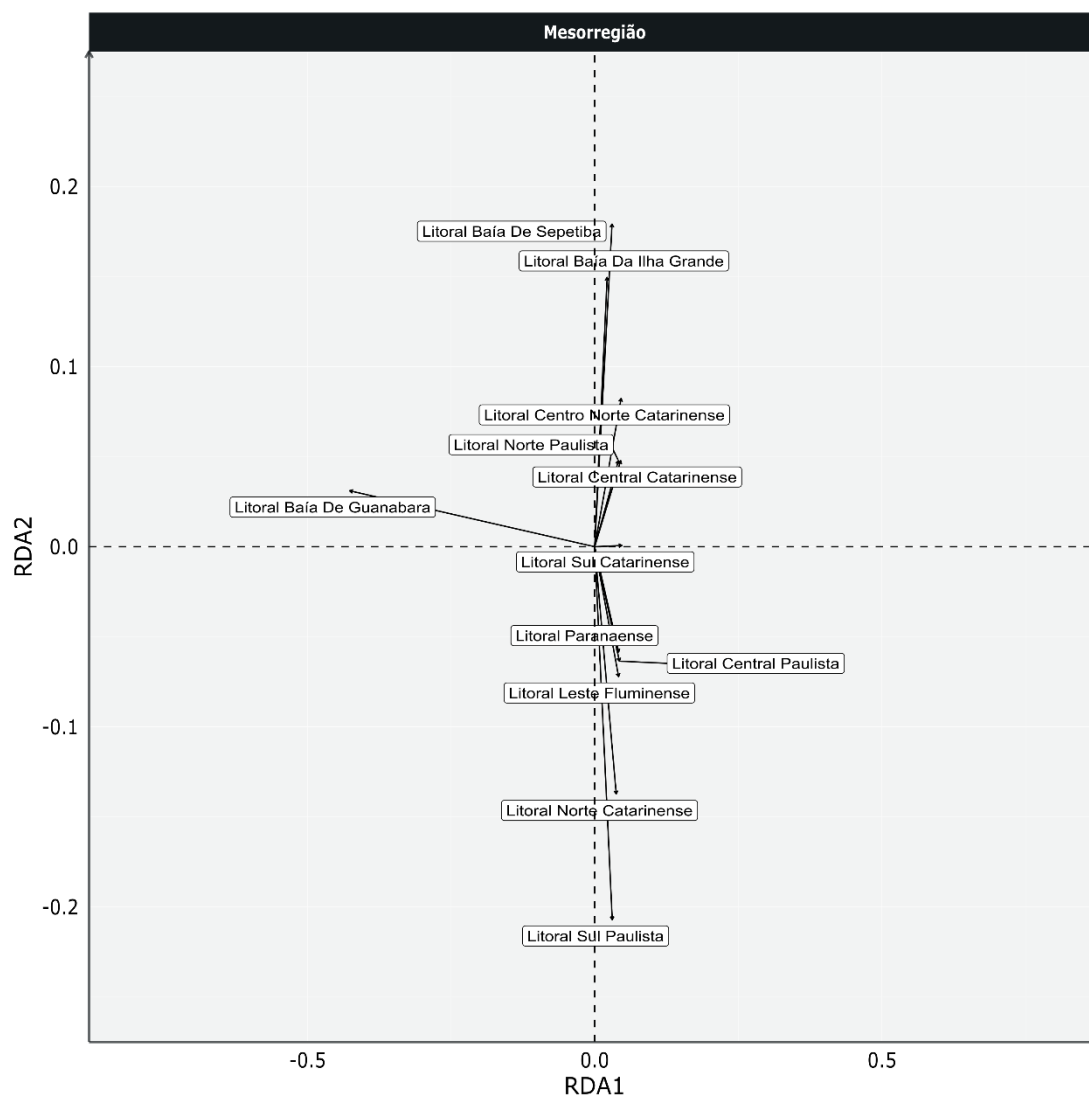
Nas análises de RDA, para as tartarugas marinhas nos últimos dois relatórios (PETROBRAS, 2022a, 2023) a temperatura e a clorofila foram variáveis significativas, apesar desta última alterar entre a variabilidade (desvio padrão) e o valor médio. Isto indica uma importância consistente destas na variabilidade dos encalhes. Em 2023, foi a primeira vez que o parâmetro vento apresentou significância, e com carga praticamente somente no eixo RDA1 (**Figura 5.2-13**). A única variável antrópica significativa, valor médio do tráfego de embarcações da Petrobras, também apresentou carga negativa neste mesmo eixo, similar ao ano de 2022. Quando analisadas as cargas das mesorregiões, observa-se que estão distribuídas principalmente no eixo RDA2 (**Figura 5.2-14**), com exceção da Baía da Guanabara que apresentou maior carga no eixo RDA1. Esta situação quase ortogonal entre a mesorregião da Baía da Guanabara e as demais sugere uma independência entre os padrões de encalhes observados nela e nas demais. Temporalmente, ao observar a sazonalidade (**Figura 5.2-15**) o verão (trimestre 1) se apresenta fortemente negativo no eixo RDA1, e o outono (trimestre 2) positivo no eixo RDA2, novamente sugerindo padrões diferentes de encalhes nestas estações. Já em escala temporal maior, de anos, parece haver uma separação dos encalhes entre os primeiros anos analisados (2017 e 2018) quando comparados com os demais. Possivelmente, isto foi causado pela grande quantidade de tartarugas-

verdes registradas naqueles dois primeiros anos, como pode ser observado no mapa de calor (**Figura 5.2-6**). Esta explicação é apoiada quando analisadas as cargas das espécies nos eixos RDA (**Figura 5.2-17**), pois a tartaruga-verde, *C. mydas*, também tem valores positivos nos eixos 1 e 2, similar aos anos de 2017 e 2018. Por outro lado, a tartaruga-cabeçuda, *C. caretta*, apresenta maior carga negativa no eixo RDA2, o que é compatível com o padrão sazonal discutido acima (outono com carga positiva no eixo RDA2), pois os menores registros de tartaruga-cabeçuda são no outono. O fato de todas as espécies apresentarem valores positivos no eixo RDA1, enquanto o tráfego de embarcações apresentou valores negativos no mesmo eixo, sugere comportamentos opostos. Ou seja, maiores encalhes de tartaruga-cabeçuda, tartaruga-verde e demais em locais onde há menor tráfego de embarcações.

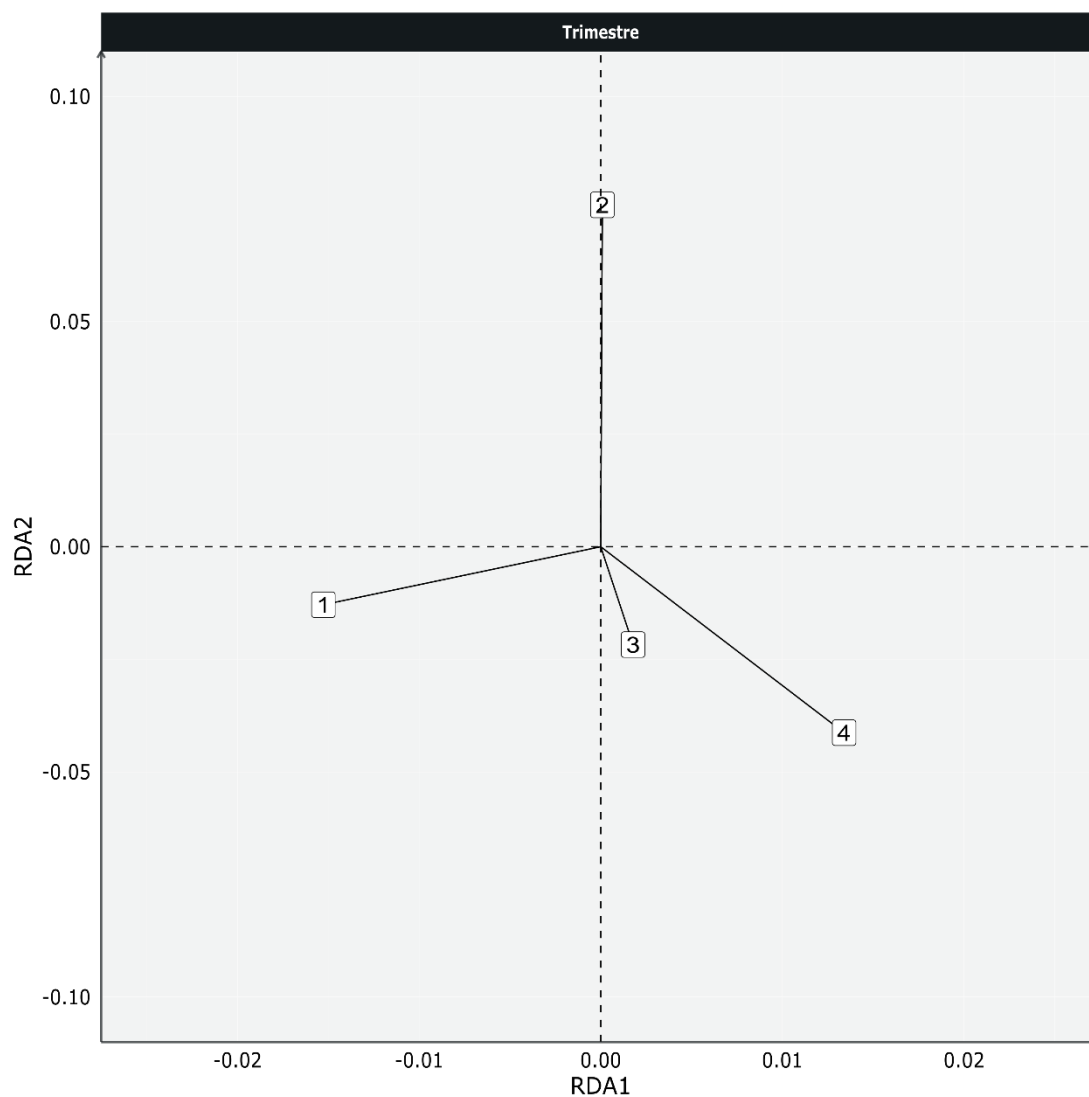




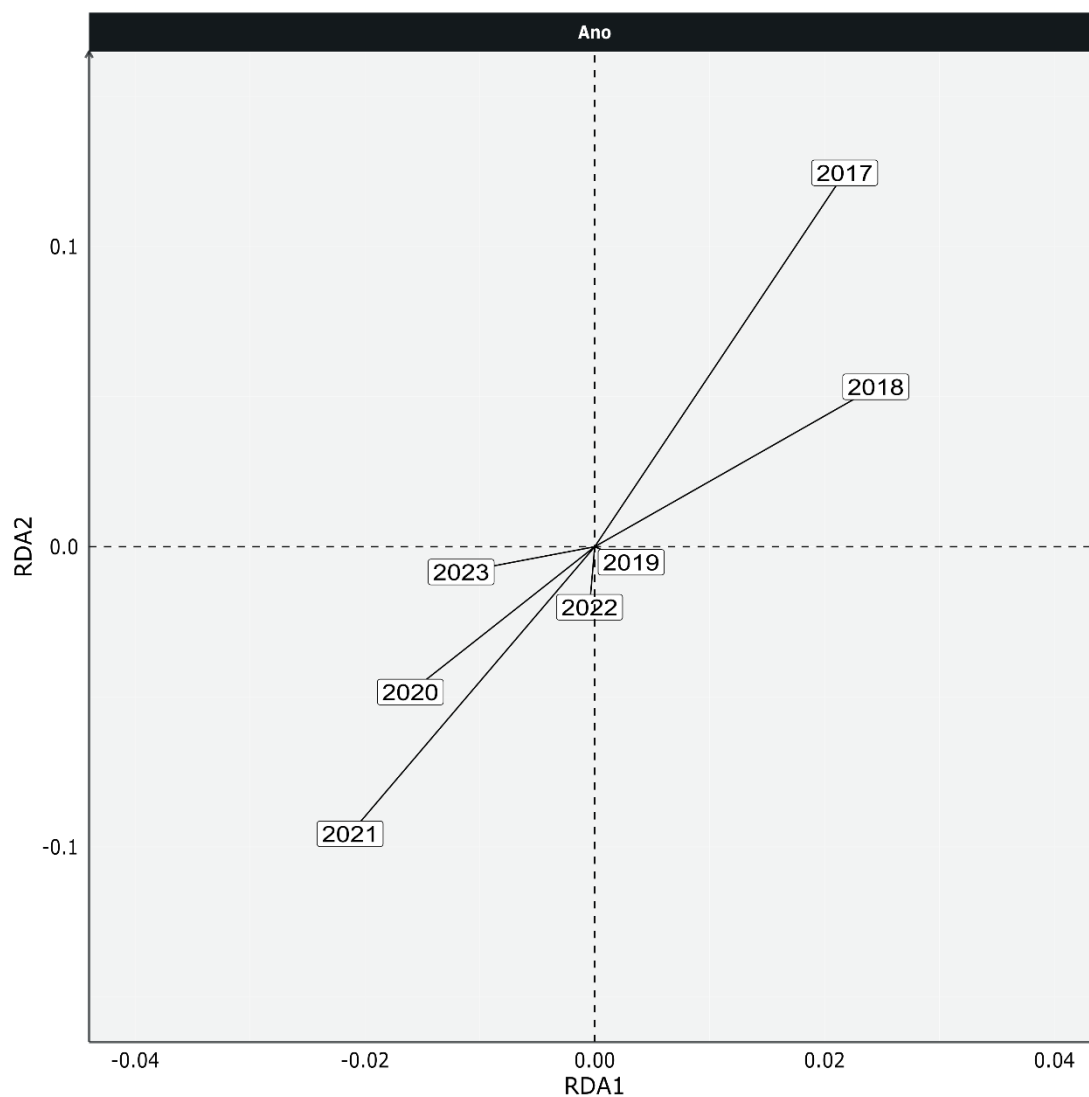
**Figura 5.2-13** – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: variáveis ambientais e antrópicas significativas.



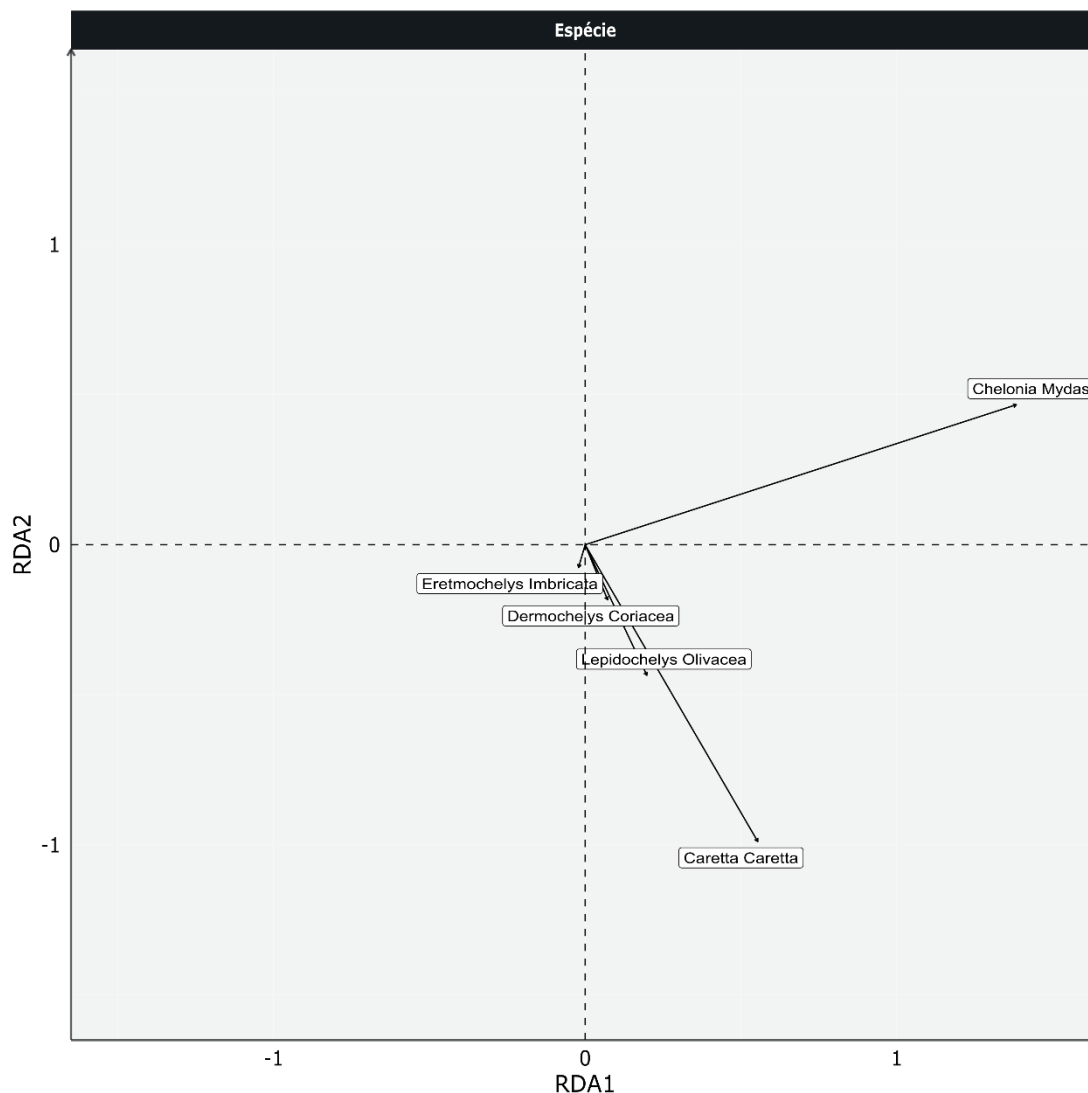
**Figura 5.2-14** – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: mesoregiões.



**Figura 5.2-15** – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: trimestres.



**Figura 5.2-16** – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: anos.



**Figura 5.2-17** – Resultados da RDA para tartarugas marinhas: espécies.

Os valores inversos no eixo RDA2 das espécies *C. mydas* e *C. caretta*, junto com os das mesorregiões confirmam o que foi observado na análise exploratória (**Figura 5.2-7**), indicando que a variabilidade espacial é um fator significativo para explicar os padrões de encalhes. As tartarugas marinhas se deslocam ao largo da costa brasileira entre áreas de desova em menores latitudes (sudeste e nordeste) e áreas de alimentação (sudeste e sul), principalmente nestas duas espécies (ALMEIDA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2011). Deste modo é possível que parte do padrão temporal e espacial observado, esteja relacionado a esta movimentação dos exemplares e sua aproximação da costa em determinadas regiões.

Em 2023, assim como nos dois anos anteriores, observou-se que das variáveis antrópicas houve significância apenas para o tráfego de embarcações. Cabe ressaltar, que em 2021 houve significância com o tráfego de terceiros e com o da Petrobras, e em 2022 e 2023 apenas com o desta última. Sempre que houve significância, o padrão se manteve de apresentar cargas inversas no eixo 1, mas em relatórios de anos anteriores estas duas variáveis também foram utilizadas e não se havia observado relação significativa destas nas análises.

Apesar de diferenças pontuais, de um modo geral os resultados observados nestas análises foram similares aos do ano anterior, com padrões de cargas nos eixos similares para quase todas as variáveis. Isto sugere que, no ano de 2023 ocorreram padrões de encalhes semelhantes aos anos anteriores para as tartarugas marinhas.

### *Mamíferos*

Da mesma forma que para os demais grupos, os resultados da RDA com os encalhes de mamíferos apontaram significância para os fatores temporais (sazonalidade e ano) e espaciais (mesorregião). As variáveis ambientais e antrópicas neste ano apresentaram resultados idênticos aos de 2022, com significância para o valor médio da clorofila, temperatura média e a distância ao polo de produção (**Tabela 5.2-3**). As demais variáveis ambientais e antrópicas não foram significativas para os encalhes de mamíferos. A seguir são apresentados os resultados dos modelos finais, sendo que as tabelas com os modelos completos são apresentadas no Apêndice 5 - Análise de Redundância.



**Tabela 5.2-3** – Resumo do modelo final da análise de RDA para mamíferos registrados pelo PMP-BS entre 2017 e 2023.

Parâmetro	G.L.	Variância	F	P-valor
Fator (ano)	6	0,007249	1,9847	0,005
Fator (trimestre)	3	0,008922	4,8851	0,001
Mesorregião	11	0,225811	33,7205	0,001
Clorofila (0-20m) média	1	0,002927	4,8072	0,002
Temperatura (0-20m) média	1	0,001950	3,2030	0,020
Distância polo produção	1	0,002213	3,6349	0,013
Residual	312	0,189938		
R <sup>2</sup> = 0,5673				
R <sup>2</sup> ajustado = 0,5354				

O padrão de cargas observado nas análises também foi similar ao de 2022, com as variáveis ambientais apresentando temperatura e clorofila com cargas opostas à distância do polo de produção no eixo RDA1 (**Figura 5.2-18**). Isto é coerente, pois a distância ao polo aumenta em direção sul, que são áreas onde as temperaturas tendem a ser menores. Por outro lado, a clorofila e a temperatura, apresentam valores opostos no eixo RDA2, indicando aumentos de temperatura em momentos/regiões com menores valores de clorofila.

Com relação às mesorregiões (**Figura 5.2-19**), há uma separação interessante entre os quadrantes, com as mesorregiões de São Paulo no quadrante 1, Santa Catarina no quadrante 2, área leste do Rio de Janeiro no quadrante 3 e as baías da área oeste do Rio de Janeiro no quadrante 4. O Paraná também está neste quadrante, mas com valores maiores no eixo RDA2, similar ao Litoral Sul Paulista, uma área geograficamente próxima.

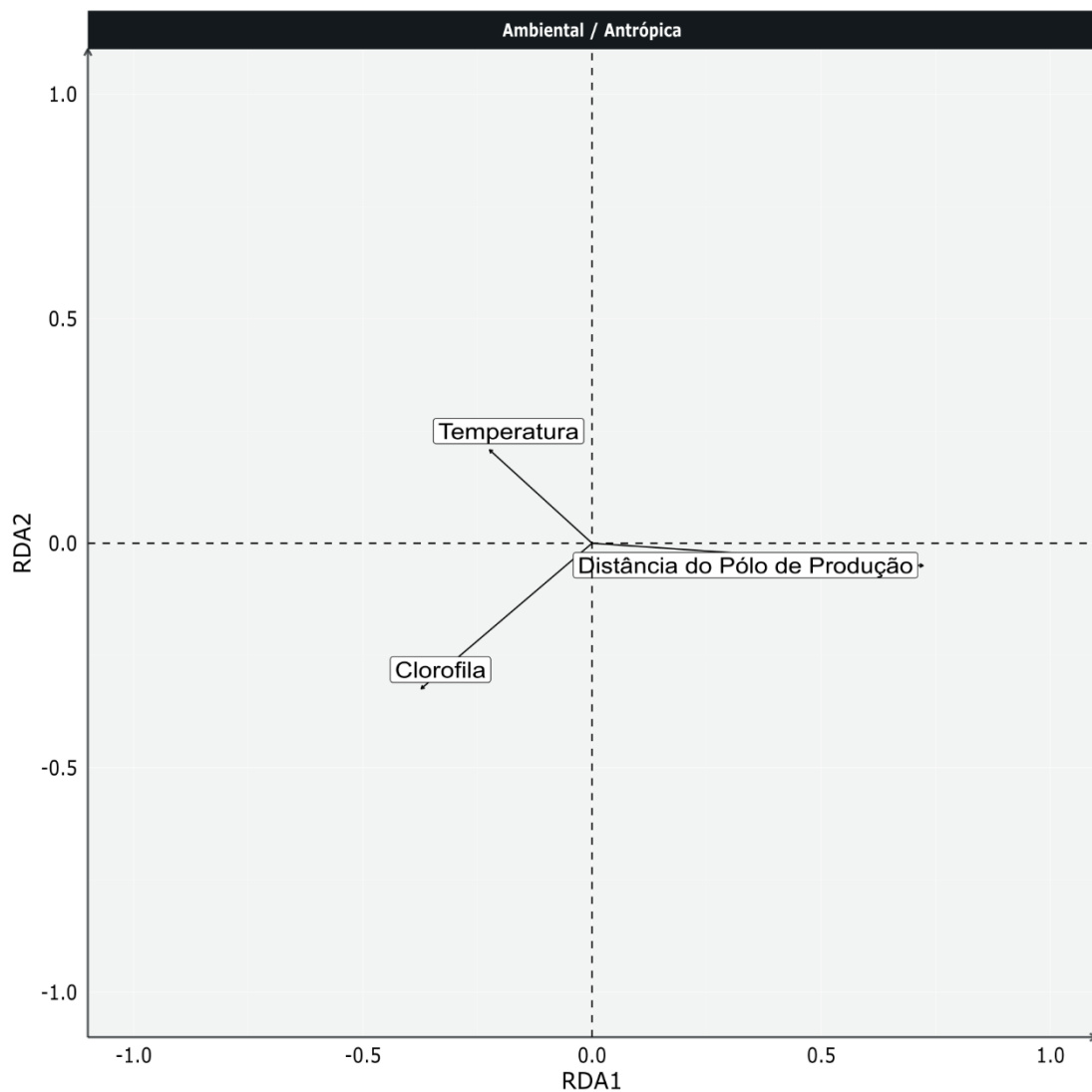
Esse padrão possivelmente está relacionado com a quantidade de registros das duas espécies mais frequentes, *S. guianensis* e *P. blainvillei*. Estas duas apresentaram, respectivamente, altos valores positivos no eixo RDA2 e RDA1 (**Figura 5.2-22**). Mesorregiões com valores negativos em RDA1 são aquelas com poucos ou nenhum registro de *P. blainvillei*. Por outro lado, valores maiores no RDA2 são das mesorregiões que tiveram mais registros de *S. guianensis*. As mesorregiões com valores negativos no RDA2 também apresentaram mais registros de pinípedes e *Tursiops truncatus*, confirmando o já observado em relatórios anteriores de que apesar das espécies mais frequentes terem maior peso nos resultados, a análise de RDA é eficiente para apresentar os efeitos integrados de todas as variáveis.

A análise dos efeitos da sazonalidade (trimestres; **Figura 5.2-20**) apresentou um padrão similar ao observado nos relatórios de 2021 e 2022, com o verão (Trimestre 1) e inverno (Trimestre 3) com valores altos em eixos diferentes, sugerindo que os encalhes observados nestas estações praticamente não tem relação entre si. Entretanto, em anos anteriores era observado um agrupamento maior entre primavera-verão e outono-inverno, e em 2023 todos os trimestres apresentaram maior ortogonalidade, indicando uma diferenciação dos padrões de encalhes entre as estações. Em uma escala temporal mais ampla, considerando-se a variação entre anos, 2023 apresentou valores muito similares aos de 2018 (**Figura 5.2-21**). Aparentemente a alta ocorrência de *Otaria flavescens* em 2023, causado pelo evento epizootico de H5N1, teve menos efeito do que o padrão espacial de ocorrência das espécies, não diferenciando 2023 dos demais anos.

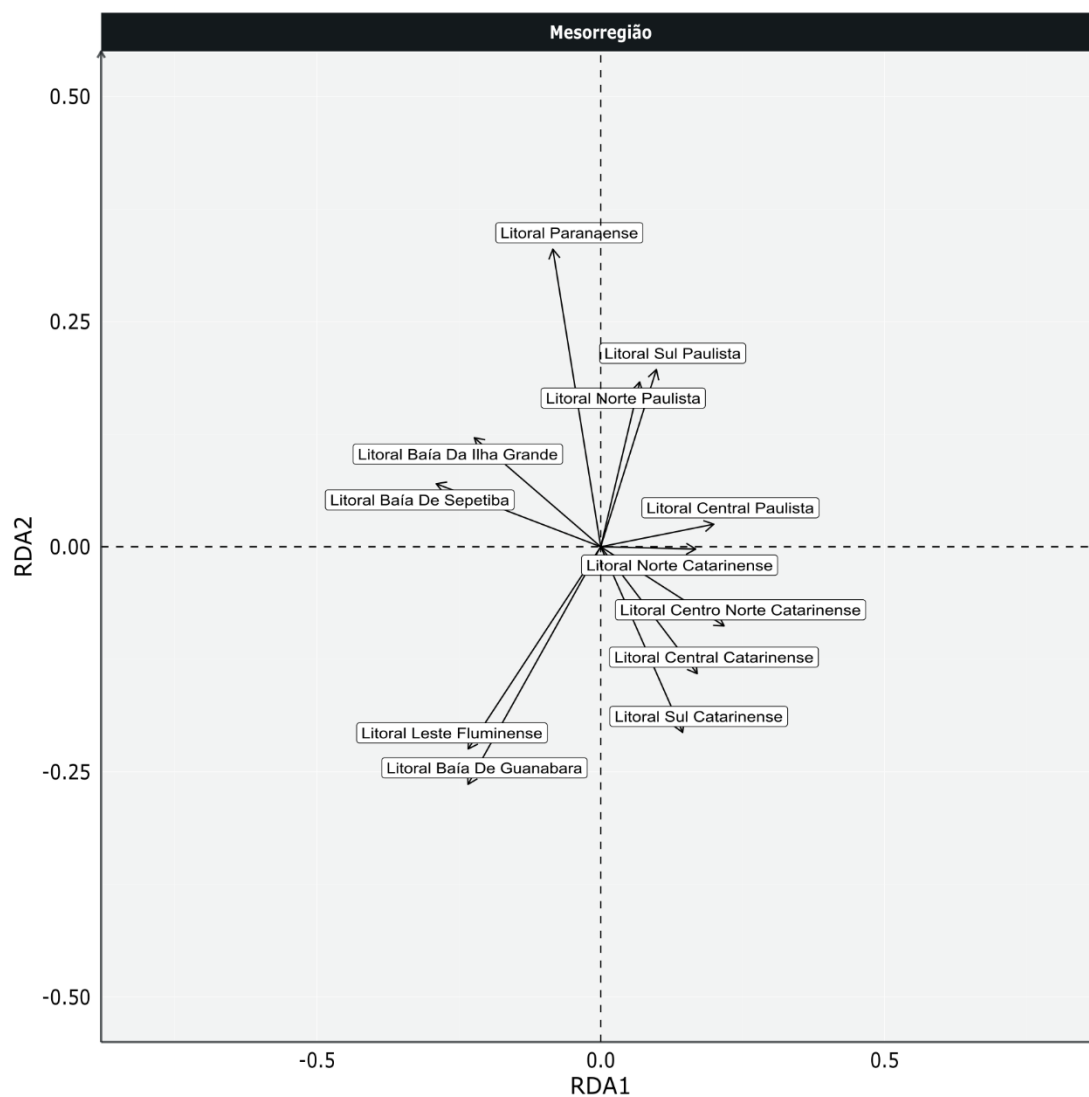
A presença de *P. blainvillei* e *S. guianensis* com valores altos em eixos diferentes foi similar ao observado nos dois últimos relatórios e reflete o padrão de distribuição destas espécies, pois a primeira tende a ser mais frequente em regiões mais ao sul, sendo substituída pela segunda em direção norte. As demais espécies tenderam a ter valores baixos nos dois eixos, ficando próximas da origem na **Figura 5.2-22**.

Se manteve o padrão de *A. australis*, *O. flavescens* e *T. truncatus*, com maiores valores no mesmo quadrante onde as mesorregiões de Santa Catarina também se encontram (**Figura 5.2-19**). A ocorrência destas espécies é maior em Santa Catarina, devido aos seus padrões naturais de distribuição. O lobo-marinho-sulamericano, *A. australis*, possui colônias reprodutivas no Uruguai, se deslocando de lá para a costa brasileira no inverno e primavera (OLIVEIRA *et al.*, 2014; CRESPO *et al.*, 2015). Por sua vez, o golfinho-nariz-de-garrafa, *T. truncatus*, é habitante da plataforma continental, mas no sul do Brasil tende a estar associado a estuários (LODI *et al.*, 2016). Um ponto que se deve ter atenção, é que o servidor de nomes utilizado pelo SIMBA não reconhece o boto-de-Lahille como a espécie *T. geophyreus* (WICKERT *et al.*, 2016; HOHL *et al.*, 2020), e sim como subespécie, seguindo o entendimento de parte da comunidade científica (COSTA *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2021). Embora o SIMBA possibilite inserir separadamente os registros de golfinhos-nariz-de-

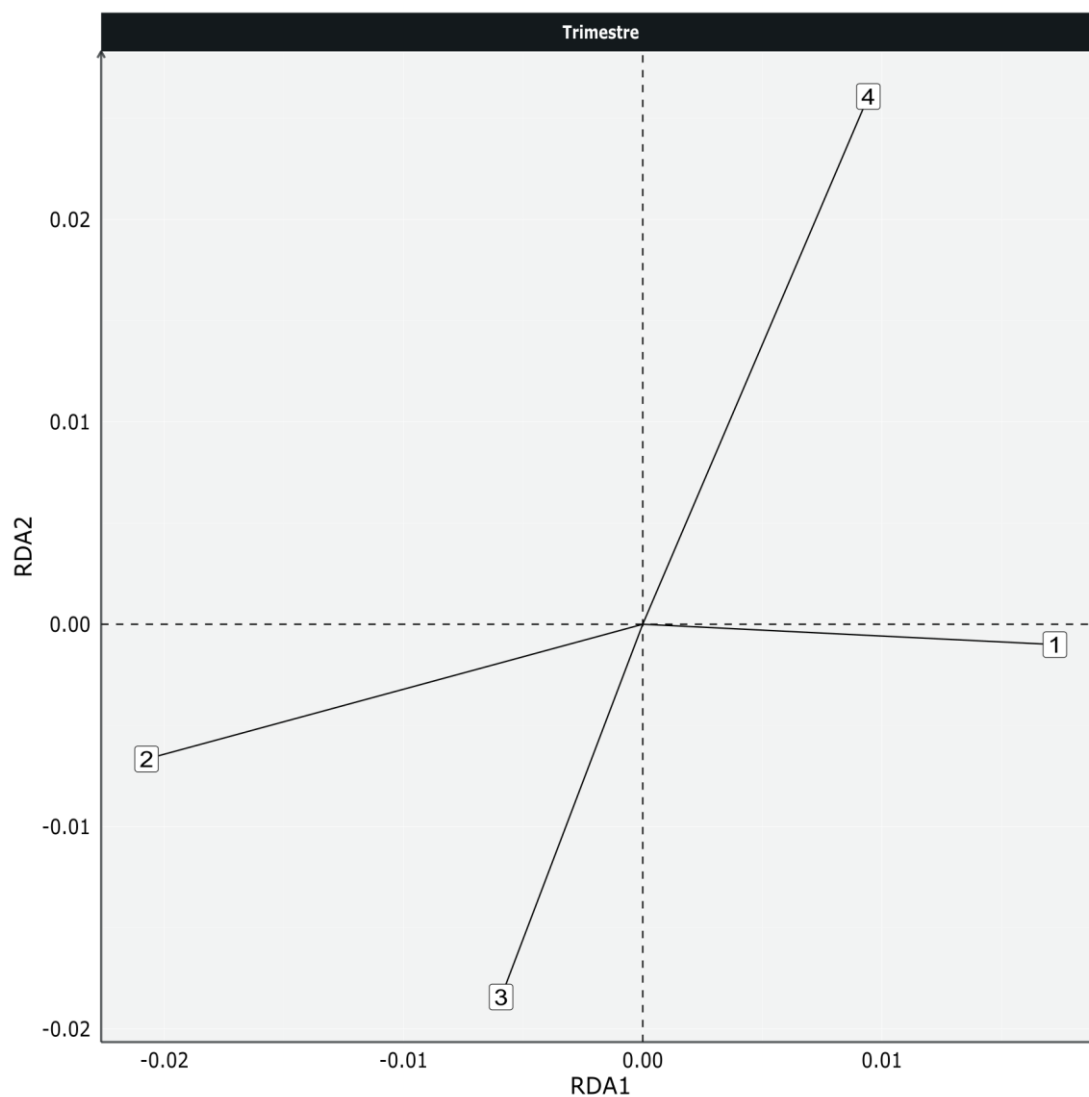
garrafa e dos botos-de-Lahille, a identificação destes animais depende da avaliação de diversos critérios cranianos e, portanto, é possível que a maior quantidade de registros em Santa Catarina reflita a ocorrência de *T. geophyreus* nos estuários e zona costeira deste Estado.



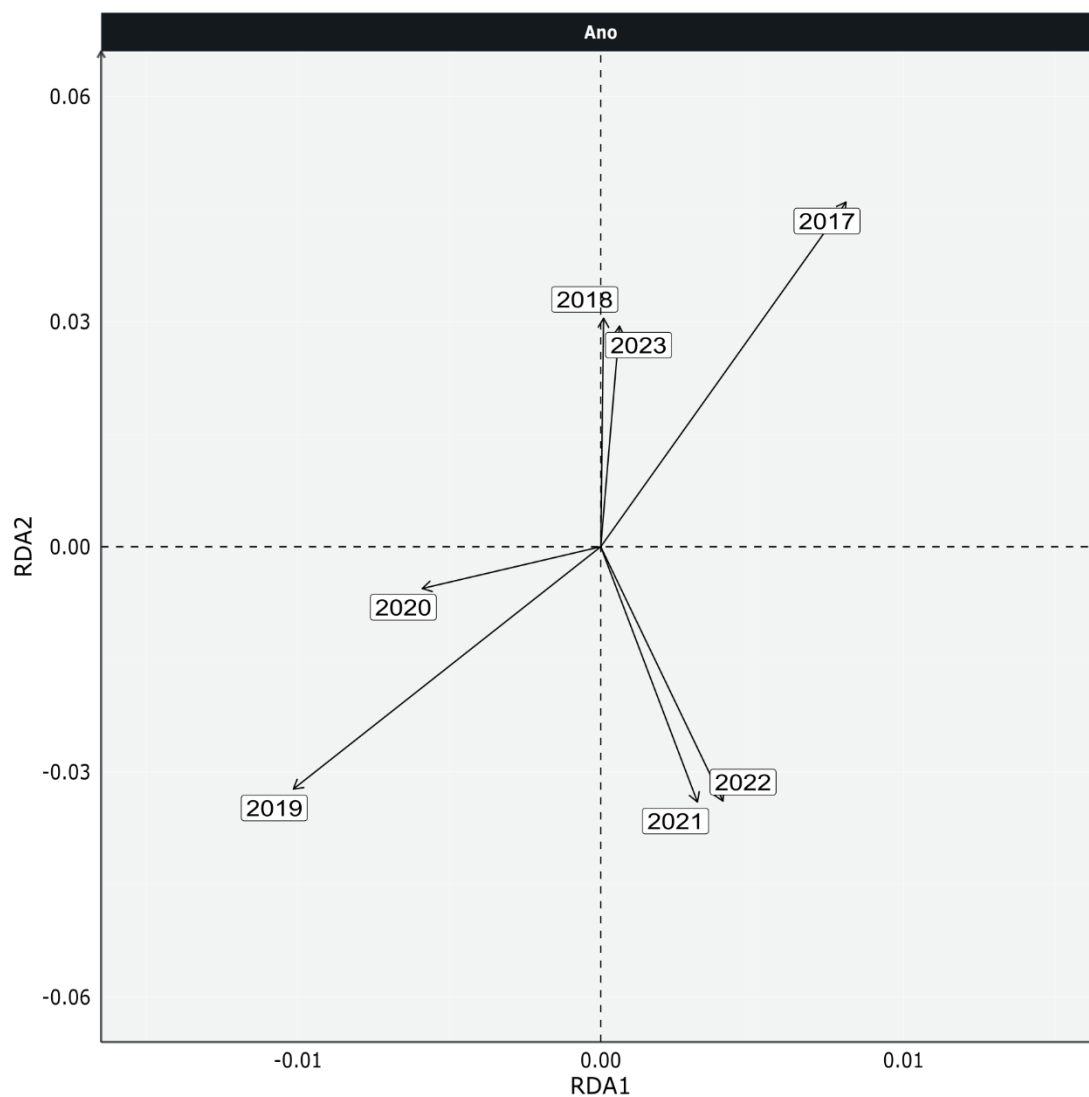
**Figura 5.2-18** – Resultados da RDA para mamíferos: variáveis ambientais e antrópicas significativas.



**Figura 5.2-19** – Resultados da RDA para mamíferos: mesorregiões.

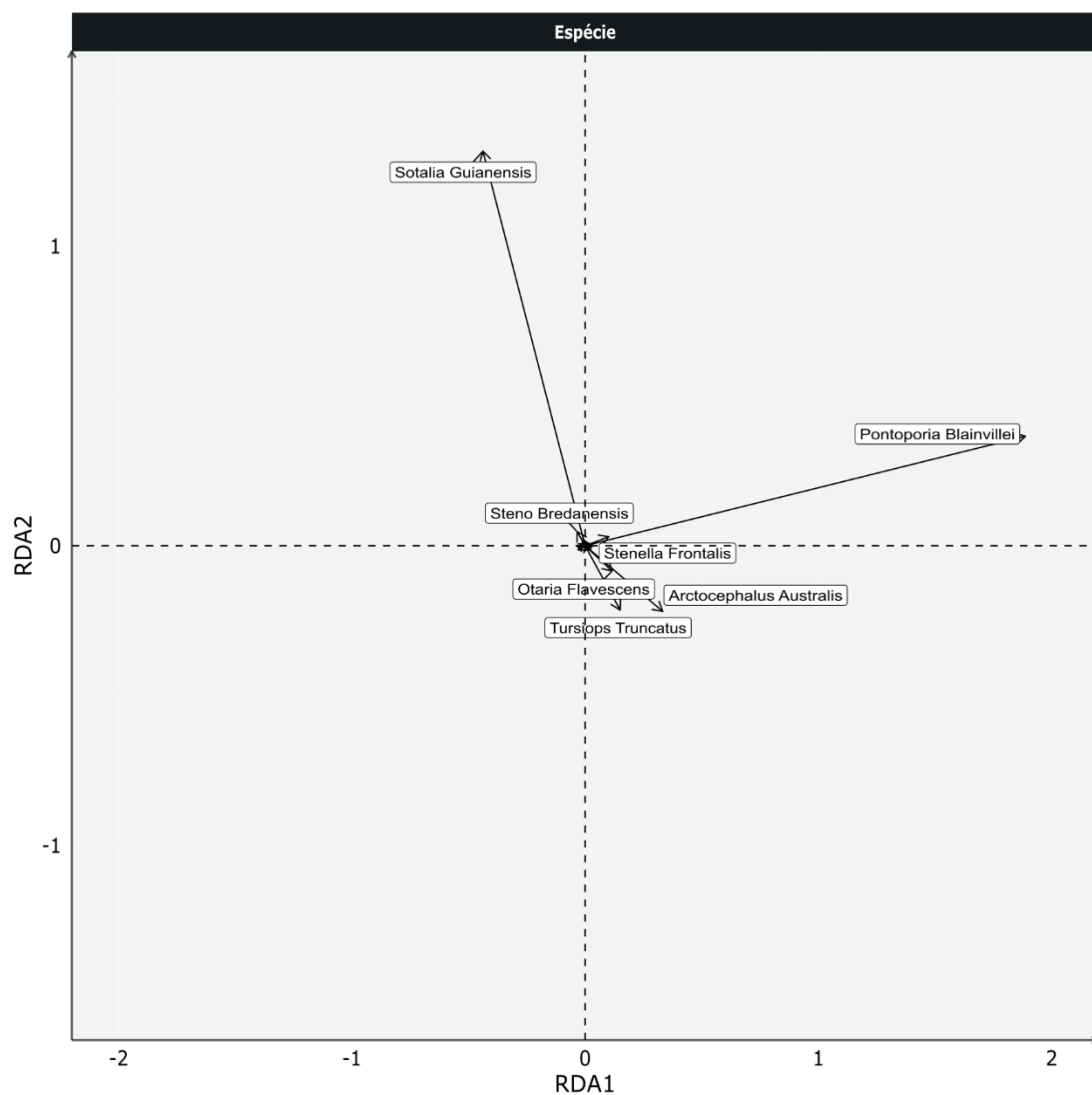


**Figura 5.2-20** – Resultados da RDA para mamíferos: trimestres.



**Figura 5.2-21** – Resultados da RDA para mamíferos: anos.





**Figura 5.2-22** – Resultados da RDA para mamíferos: espécies.

### 5.2.2 Índice de Saúde

Em relatórios anteriores as análises do Índice de Saúde (IS) utilizou animais que passaram por tratamento na rede de atendimento veterinário do PMP-BS. Isso levantou a discussão se deveriam ou não ser utilizados, pois a exclusão destes garantiria que a análise representasse uma situação mais fiel dos animais na natureza, mas por outro lado se perde uma grande quantidade de animais para as análises, em especial de aves. No relatório de 2022, as análises foram feitas com todos os animais e em seguida foi refeita excluindo os animais que passaram por tratamento veterinário. Apesar dos padrões do IS não se alterarem com e sem a inclusão de animais que passaram por tratamento, observou-se uma diferença nos IS dos dois grupos, em aves e tartarugas, com o IS maior (melhor condição de saúde) em animais que não passaram por tratamento nas bases do PMP-BS. Devido a esta diferença e pela existência de um tamanho amostral que permite a realização das análises, optou-se por não incluir neste relatório as análises com dados de animais que passaram por tratamento veterinário.

**Tabela 5.2-4** - Quantidade de valores do Índice de Saúde utilizados nas análises de GLM. “Com atend.” – animais que passaram por atendimento veterinário; “Sem atend.” – animais que não passaram por atendimento veterinário. Não foram incluídos animais sem identificação de habitat.

Estado / Ano	Aves			Mammalia			Reptília			Total Geral
	Sem atend.	Com atend.	Total	Sem atend.	Com atend.	Total	Sem atend.	Com atend.	Total	
<b>Rio de Janeiro</b>	<b>302</b>	<b>1337</b>	<b>1639</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>271</b>	<b>352</b>	<b>623</b>	<b>2284</b>
2016	4	5	9				6	4	10	19
2017	11	65	76				73	88	161	237
2018	21	148	169				31	78	109	278
2019	26	89	115	2	1	3	12	28	40	158
2020	89	279	368	5		5	42	40	82	455
2021	53	216	269	3		3	25	38	63	335
2022	77	226	303	9	1	10	42	34	76	389
2023	22	309	331	1		1	41	42	83	415
<b>São Paulo</b>	<b>991</b>	<b>1.704</b>	<b>2.695</b>	<b>266</b>	<b>44</b>	<b>310</b>	<b>1.282</b>	<b>1.491</b>	<b>2.773</b>	<b>5.778</b>
2015	69	38	107	8	3	11	6	27	33	151
2016	33	99	132	17	1	18	105	127	232	382
2017	30	88	118	34	5	39	214	328	542	699
2018	98	127	225	32	10	42	272	251	523	790
2019	92	151	243	23	4	27	161	196	357	627

Estado / Ano	Aves			Mammalia			Reptilia			Total Geral
	Sem atend.	Com atend.	Total	Sem atend.	Com atend.	Total	Sem atend.	Com atend.	Total	
2020	192	492	684	22	7	29	95	164	259	972
2021	113	269	382	35	7	42	139	132	271	695
2022	148	257	405	34	5	39	132	131	263	707
2023	216	183	399	61	2	63	158	135	293	755
<b>Paraná</b>	<b>512</b>	<b>577</b>	<b>1.089</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>124</b>	<b>368</b>	<b>118</b>	<b>486</b>	<b>1.699</b>
2015	16	2	18	1		1	3	2	5	24
2016	36	44	80	6		6	21	10	31	117
2017	27	25	52	15	2	17	82	25	107	176
2018	35	50	85	14	1	15	66	29	95	195
2019	61	67	128	6		6	26	10	36	170
2020	127	88	215	16	5	21	36	14	50	286
2021	85	83	168	20	1	21	31	10	41	230
2022	118	112	230	17	2	19	49	11	60	309
2023	7	106	113	13	5	18	54	7	61	192
<b>Santa Catarina</b>	<b>2.385</b>	<b>3.576</b>	<b>5.961</b>	<b>206</b>	<b>54</b>	<b>260</b>	<b>337</b>	<b>328</b>	<b>665</b>	<b>6.886</b>
2015	36	32	68	3	2	5	6	7	13	86
2016	169	175	344	13	1	14	42	23	65	423
2017	137	254	391	10	3	13	39	78	117	521
2018	232	265	497	32	8	40	43	62	105	642
2019	267	407	674	34	9	43	45	25	70	787
2020	350	598	948	24	13	37	35	42	77	1.062
2021	570	711	1.281	24	4	28	34	27	61	1.370
2022	581	658	1.239	44	7	51	42	33	75	1.365
2023	43	476	519	22	7	29	51	31	82	630
<b>Total Geral</b>	<b>4.190</b>	<b>7.194</b>	<b>11.384</b>	<b>600</b>	<b>116</b>	<b>716</b>	<b>2.258</b>	<b>2.289</b>	<b>4.547</b>	<b>16.647</b>

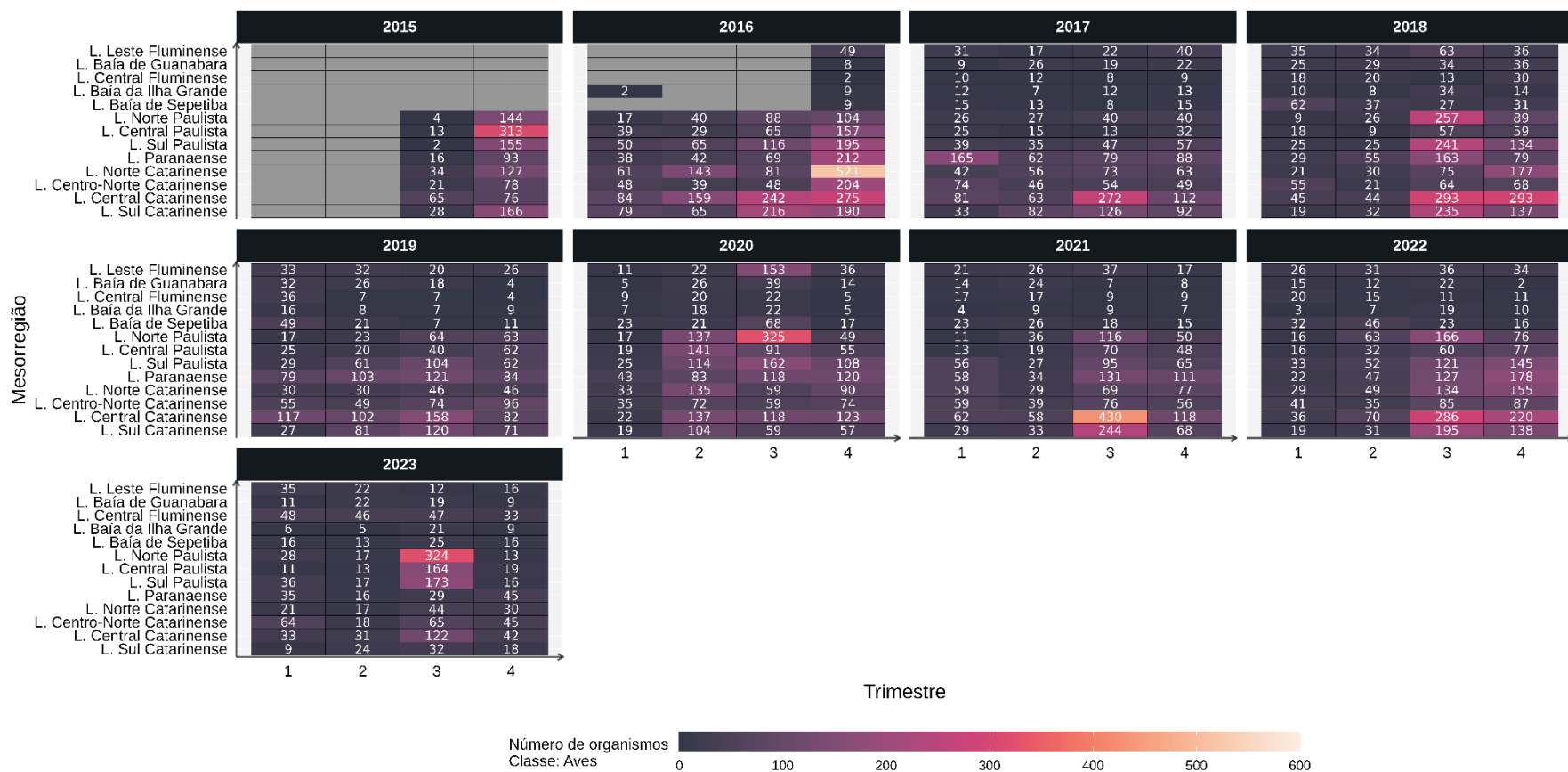
Pela primeira vez foram incluídas as idades de mamíferos e tartarugas como um fator nas análises do IS. É indiscutível que a idade deva ter um efeito na saúde dos animais, mas até recentemente não havia resultados de determinação de idade em quantidade suficiente para viabilizar as análises de GLM. Com os resultados de 2023 se chegou a 344 mamíferos e 1.276 tartarugas com valores tanto de IS como de idades e de determinação do habitat, viabilizando assim as análises. Entretanto, ainda há uma diferença considerável do tamanho amostral dos 600 mamíferos e 2.143 tartarugas que poderiam ser utilizados sem o uso desta variável. Devido a esta redução, para estes dois grupos serão apresentados os resultados com e sem a inclusão da idade como um fator de alteração do IS.

As análises exploratórias mostram a heterogeneidade na quantidade de dados de IS disponíveis para aves (**Figura 5.2-23A**), mamíferos (**Figura 5.2-23B**) e tartarugas (**Figura 5.2-23C**). Observa-se uma maior quantidade de

valores para as aves nos terceiro e quarto trimestres dos anos, em especial para as mesorregiões mais ao sul (**Figura 5.2-23A**), causada pela maior quantidade de pinguins-de-Magalhães que costuma ser registrada nessas regiões. Considerando-se todo o período utilizado nas análises (2017-2023), dos 6.289 valores de IS de aves que não passaram por tratamento veterinário, 33,8% são de pinguins-de-Magalhães, indicando que a saúde desta espécie tem um peso considerável nos padrões observados. Por este motivo optou-se por realizar as análises de aves excluindo os pinguins, para avaliar se estes geram muita alteração nos resultados (ver abaixo).

Para os mamíferos (**Figura 5.2-23B**), é observado uma maior quantidade de lacunas de informações. Isto ocorre tanto pela menor quantidade de encalhes (comparado a aves e tartarugas marinhas), como por estarem usualmente em avançado estágio de decomposição. É importante ressaltar que entre os anos de 2016 e 2019 a coleta das adrenais não era obrigatória e algumas instituições não as coletavam. A partir de 2019 a análise destas estruturas foi incluída no cálculo do IS e as amostras que estavam coletadas e não haviam sido analisadas foram reavaliadas. No entanto, o cálculo de IS não foi possível em animais nos quais essa glândula não havia sido coletada.

No caso das tartarugas (**Figura 5.2-23C**) a maior quantidade de valores de IS está presente nas mesorregiões do Litoral Norte Paulista e no Litoral Paranaense, diferentemente do que se observa nas análises de encalhes (**Figura 5.2-7**). Possivelmente, isto está ligado ao fato de que na presente análise estão sendo utilizados animais que passaram por necropsia, independentemente se do monitoramento ou acionamento. Nestas duas mesorregiões há uma grande quantidade de tartarugas que são recebidas através de acionamentos (ver Volume 1), e frequentemente são animais capturados acidentalmente em redes de pesca. Devido a isto, estes animais tendem a estar frescos e podem ter o IS calculado, diferentemente dos animais encontrados nas praias pelo monitoramento, que costumam estar em estágios mais avançados de decomposição.



(A)

**Figura 5.2-23** – Mapa de calor com a distribuição do número de exemplares por mesorregião, trimestre e ano no PMP-BS onde foi possível calcular o IS para (A) aves, (B) mamíferos, e (C) tartarugas marinhas. Quadrantes em cinza indicam ausência de dados. Não foram incluídos animais que passaram por tratamento veterinário.

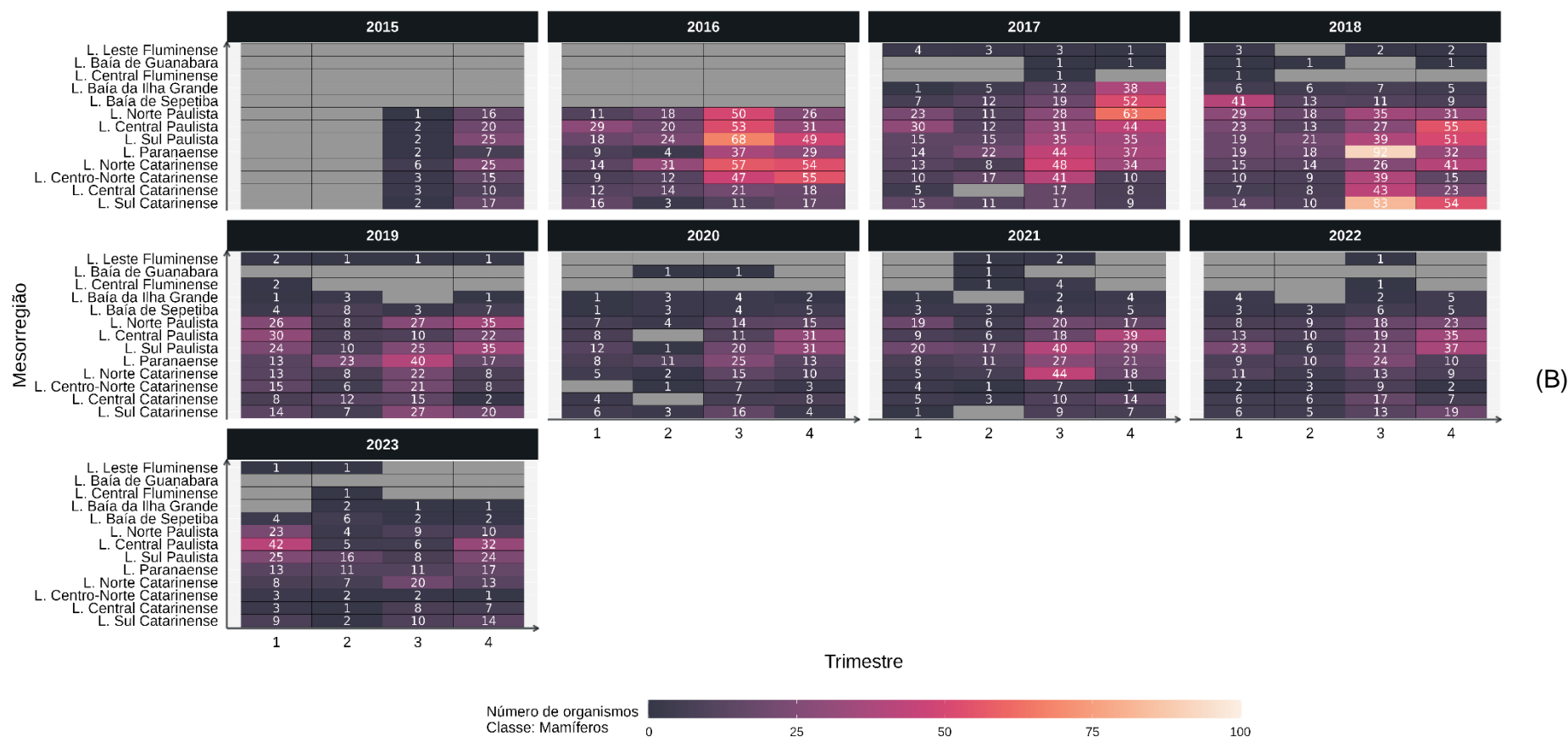
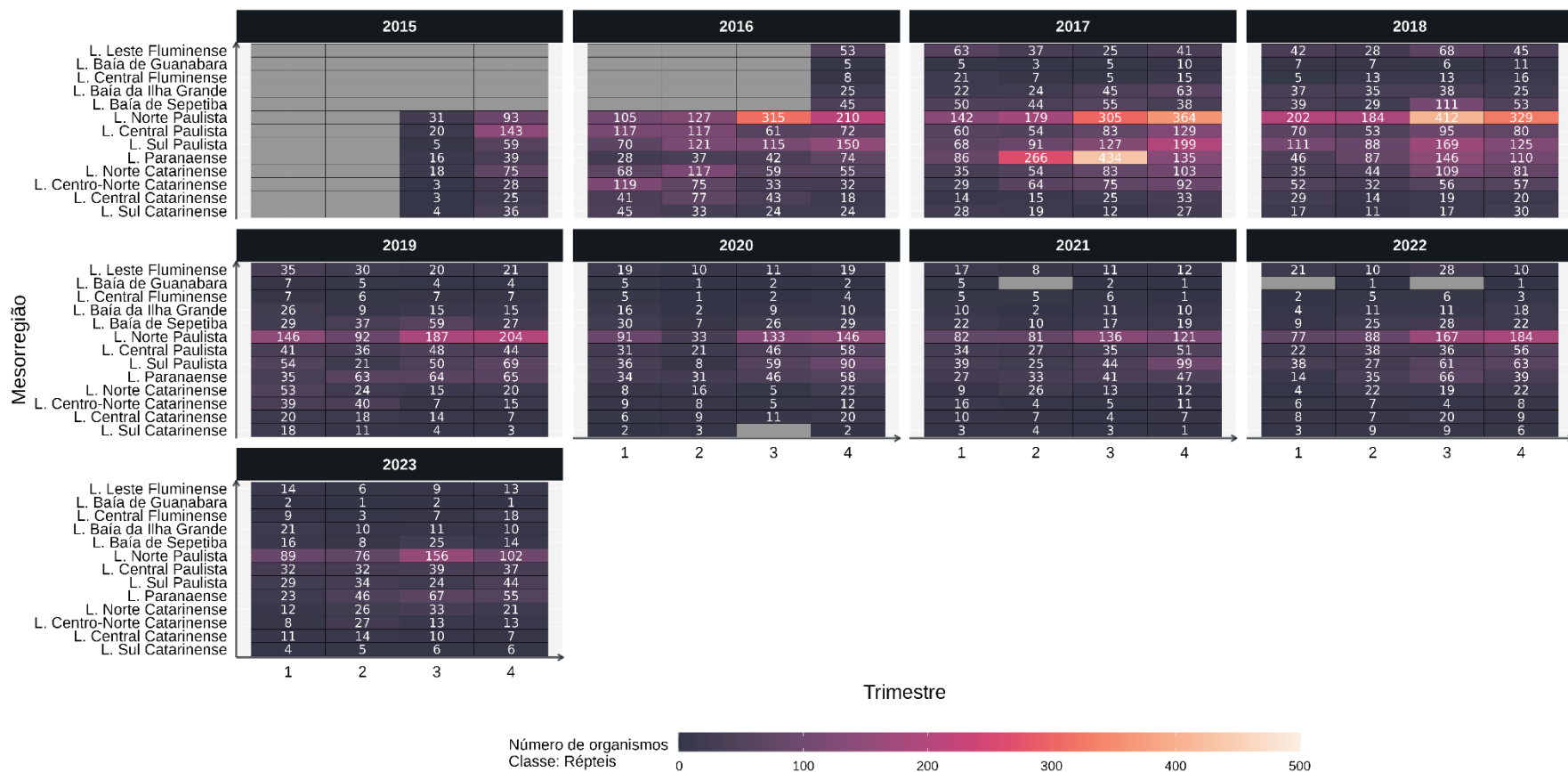


Figura 5.2-23 (cont.)



(C)

Figura 5.2-23 (cont.)

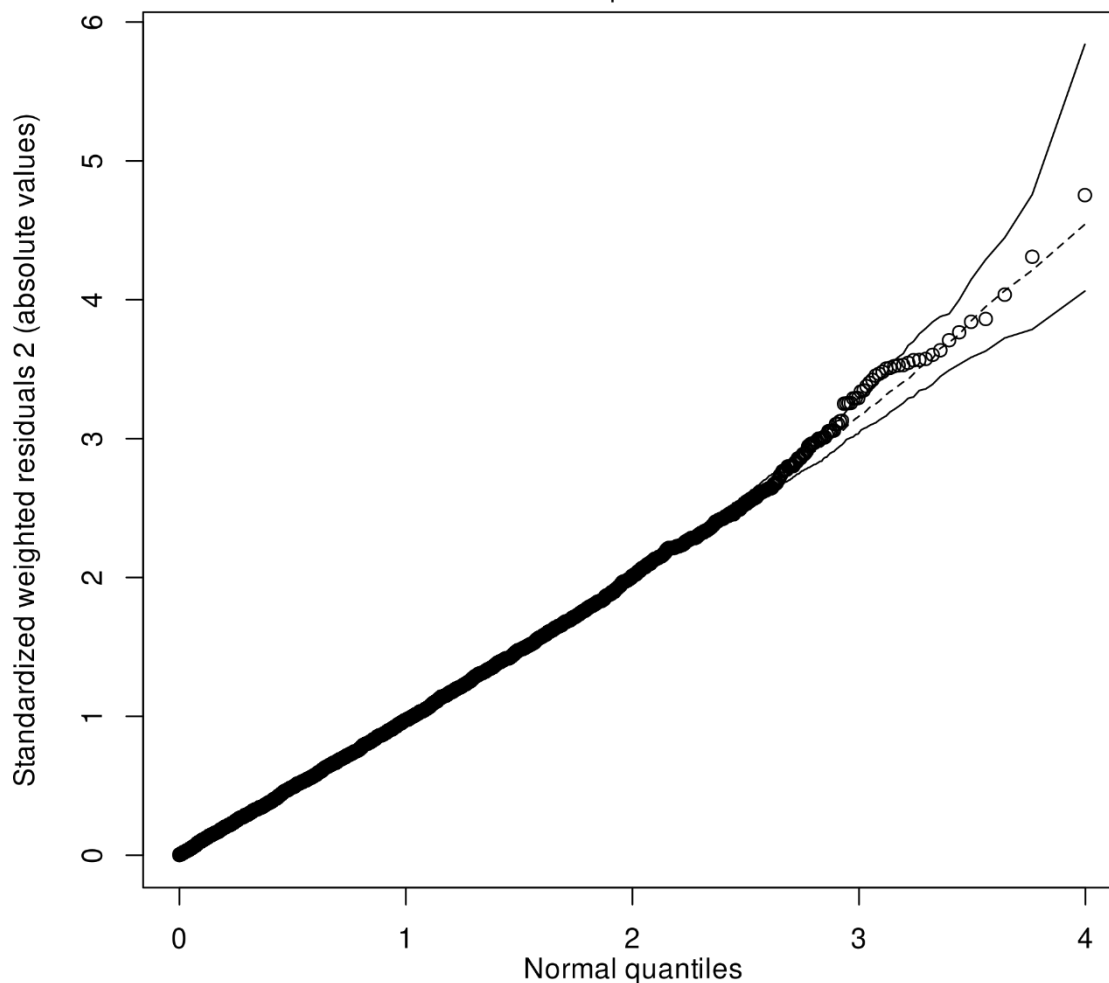


## Aves

A análise de GLM do IS para as aves que não passaram por tratamento veterinário mostrou que havia diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 23; resid. GL = 9729;  $\text{Chi}^2 = 2967,7$ ;  $p < 0,0001$ ) e todas as variáveis utilizadas apresentaram significância (**Tabela 5.2-5**). A avaliação dos resíduos da análise com as aves em relação ao envelope simulado gerado a partir de uma distribuição beta teórica mostrou um bom ajuste (**Figura 5.2-24**).

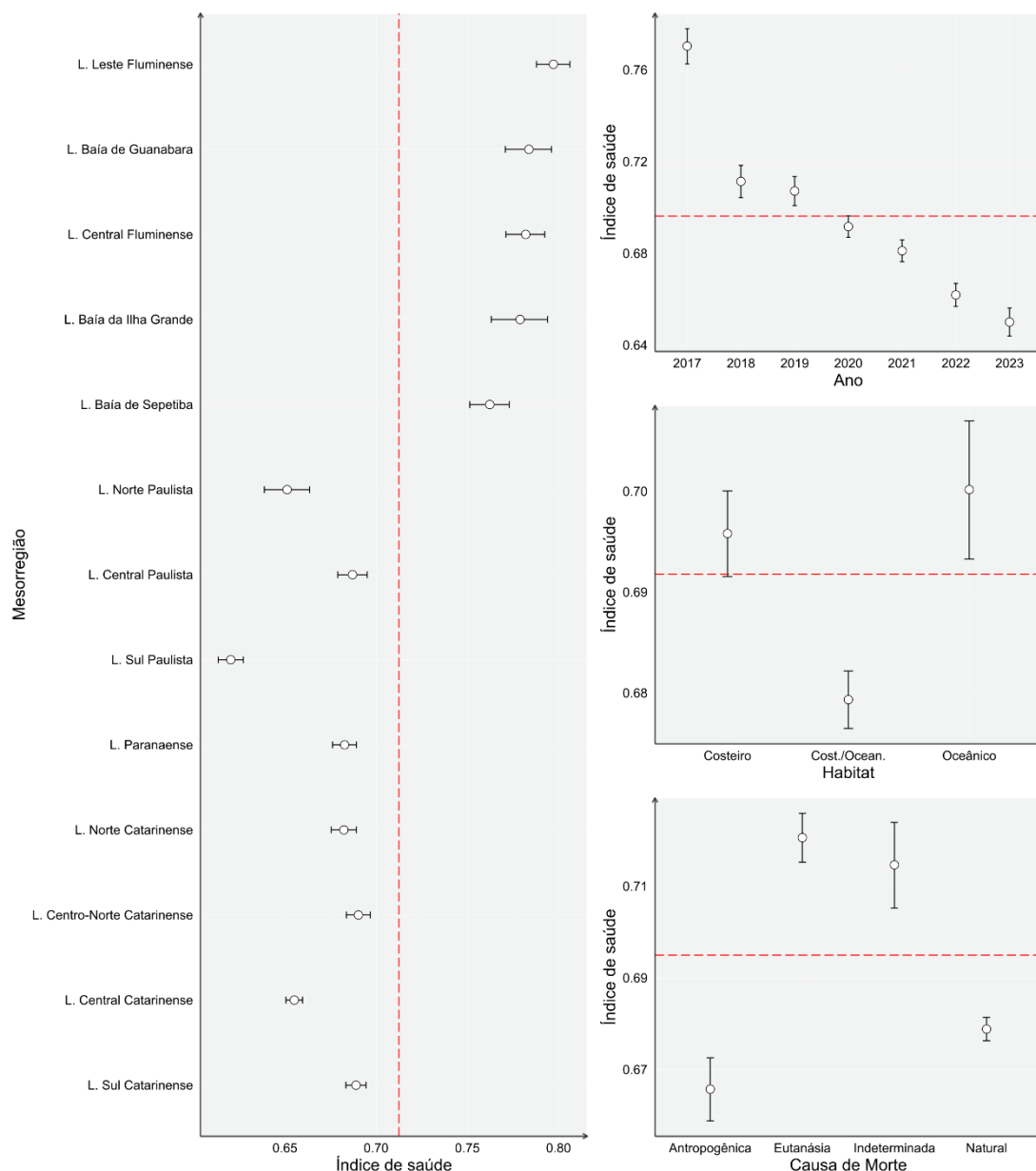
*Tabela 5.2-5 - Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de aves entre 2017 e 2023 que não passaram por tratamento veterinário. "G.L." – graus de liberdade.*

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi <sup>2</sup>	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF <sup>1/(2*GL)</sup>
Ano	6	684,034	<0,0001	1,528983	1,036017
Mesorregião	12	1584,039	<0,0001	1,481376	1,016509
Habitat	2	50,482	<0,0001	1,469592	1,100103
Causa de Morte	3	237,459	<0,0001	1,256744	1,038822



**Figura 5.2-24** – Distribuição de resíduos das análises do GLM de aves marinhas.

Com a adequação do modelo, se passou para a análise dos efeitos das covariáveis utilizadas no modelo final do GLM (**Figura 5.2-25**). O efeito espacial (mesorregiões) mostra uma diferença para os animais coletados no Rio de Janeiro para as demais áreas. As cinco mesorregiões mais ao norte (RJ) apresentam IS maiores do que das mesorregiões (SP, PR e SC). Este padrão já havia sido observado nos relatórios dos anos de 2021 e 2022, indicando que é um efeito de longo prazo.



**Figura 5.2-25 – Análise de GLM do Índice de Saúde para aves que não passaram por tratamento veterinário, entre os anos de 2017 e 2023 em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

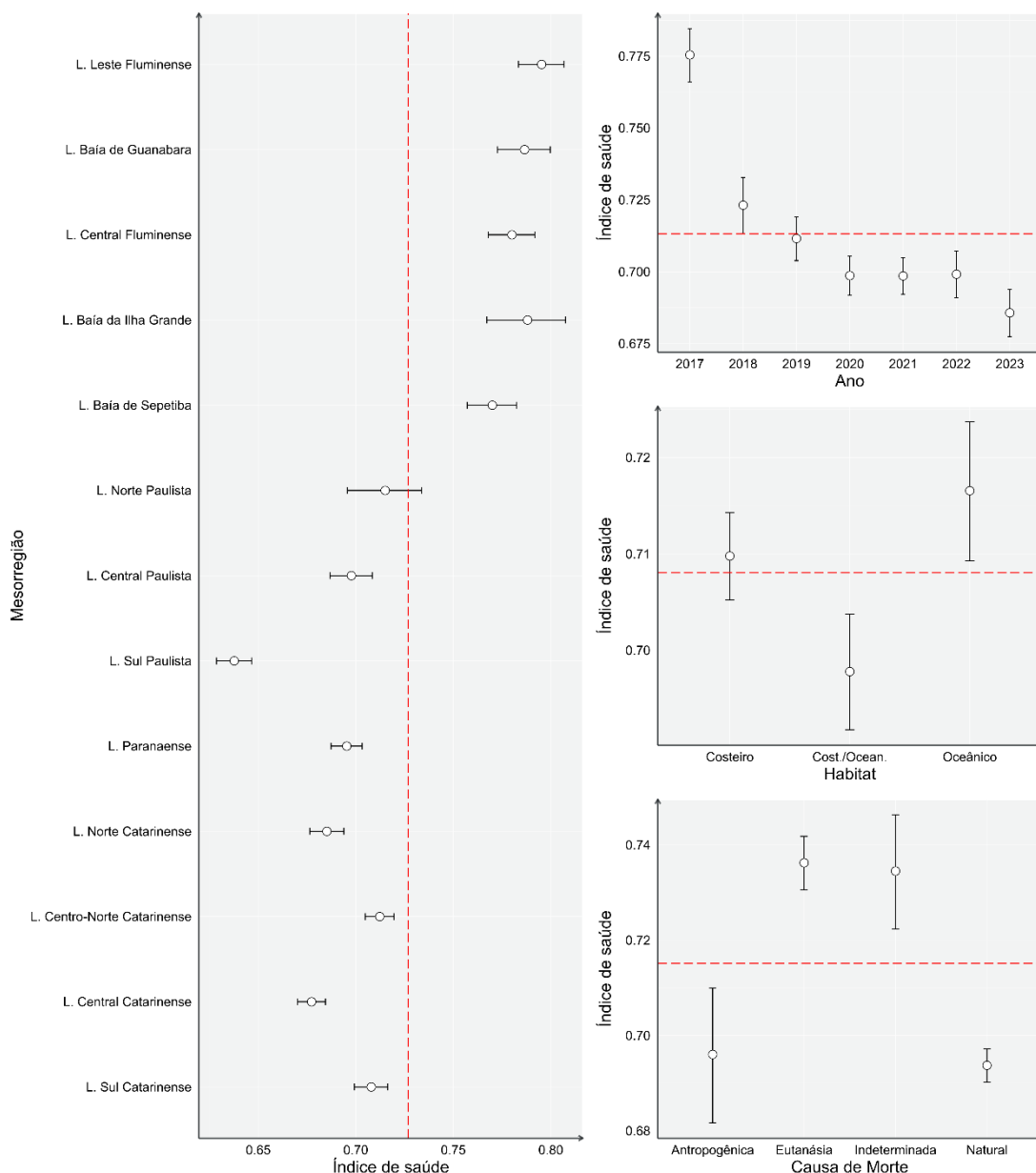
A diferença do IS entre as mesorregiões do Rio de Janeiro com as mais ao sul observada no relatório com dados de 2022 se manteve. A explicação para tal, apresentada anteriormente ainda é válida, de que possivelmente não seja causada por um único fator. Em primeiro lugar, os valores de IS mais altos nas mesorregiões do Rio de Janeiro, podem estar ligados ao elevado número de fragatas (*Fregata magnificens*) que costumam vir à óbito devido a interações com linhas de pipa. Este fato vem sendo relatado para o Rio de Janeiro em diferentes relatórios, e leva a um

elevado número de óbitos de animais saudáveis (GOLDBERG et al., 2021), o que aumentaria o IS nessas regiões. Adicionalmente, nas mesorregiões mais ao sul há uma maior quantidade de aves migratórias como pinguins-de-Magalhães e pardelas-sombrias, que devido ao processo migratório costumam chegar com a saúde debilitada na área do PMP-BS. Portanto, o efeito da pior condição de saúde destes animais poderia estar causando a queda no IS das aves naquelas áreas. Como os pinguins-de-Magalhães poderiam estar influenciando a análise como um todo devido à sua grande abundância, foi feita uma segunda rodada do GLM, removendo esta espécie.

Assim como em 2022, ao se realizar as análises removendo-se tanto os pinguins-de-Magalhães como os animais que passaram por tratamento veterinário (**Figura 5.2-26**), o padrão geral se manteve, com o modelo final do GLM sendo significativamente diferente do modelo nulo (G.L. = 23; resid. GL = 5778;  $\text{Chi}^2 = 1299,9$ ;  $p < 0,0001$ ), e os parâmetros também significativos (**Tabela 5.2-6**). A remoção dos pinguins-de-Magalhães fez com que as barras de erro aumentassem em quase todos os fatores, devido à redução do número amostral. Adicionalmente, observa-se que o efeito temporal foi mais sutil para os últimos anos, se sobrepondo entre 2020 e 2022, mas voltando a cair em 2023. Quando os pinguins estavam incluídos nas análises, a queda na saúde das aves ao longo dos anos foi mais marcante. Isso indica que a piora na saúde das aves ocorre para todos os grupos, apesar de ser mais intensa nos pinguins.

**Tabela 5.2-6** - Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de aves excluindo as que passaram por tratamento veterinário e pinguins-de-Magalhães. "G.L." – graus de liberdade.

Parâmetro	ANOVA Modelo Final			Inflação de Variância	
	G.L.	Chi <sup>2</sup>	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*GL))
Ano	6	223,94	<0,0001	2,383812	1,075076
Mesorregião	12	819,94	<0,0001	1,499848	1,017034
Habitat	2	13,69	0,0011	2,327001	1,235092
Causa de Morte	3	164,16	<0,0001	1,208923	1,032127



**Figura 5.2-26 - Análise de GLM do Índice de Saúde para aves, excluindo pinguins-de-Magalhães e animais que passaram por tratamento veterinário, entre os anos de 2017 e 2023 em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

Apesar do aumento da variabilidade após a remoção dos pinguins, ainda se observa um efeito do habitat na variabilidade do IS, com aves de hábito costeiro/oceânico com IS menor que as de hábito costeiro ou oceânico. Devido à grande quantidade de pinguins, esperava-se que mesmo removidos da análise, esse padrão se alterasse, mas não foi o caso. As espécies com hábito costeiro/oceânico com IS calculados são relativamente poucas, incluído quatro do gênero *Stercorarius*, duas do gênero *Sterna*, *Sula leucogaster* e *Spheniscus*

*magellanicus*, mas as duas últimas espécies correspondem a 99,7% do total. Deste modo os resultados indicam que pinguins e o atobá-pardo apresentam saúdes similares, apesar da primeira ser uma espécie que migra de águas do sul e a outra uma espécie residente na área do PMP-BS. O fato de as espécies de hábito costeiro terem valores de IS similares aos das espécies oceânicas havia sido observado em 2022 e se repetiu na análise em 2023. Esperava-se que o IS de espécies com hábitos costeiros fosse mais baixo, uma vez que no ambiente costeiro se verifica maior ocorrência de intervenções antropogênicas. Possivelmente, a maior diversidade de espécies costeiras (23 espécies) e oceânicas (28 espécies) permite uma visão mais abrangente da situação da saúde do grupo, em oposição às costeiras/oceânicas que basicamente trata de duas espécies, como apresentado acima.

Ao avaliar o efeito das diferentes causas de morte sobre o IS, tanto incluindo ou excluindo os pinguins da análise, o resultado foi similar ao obtido para 2022, nos casos em que foi necessária a eutanásia os animais apresentavam melhor IS do que nas causas de morte naturais e antropogênicas. Na maior parte dos casos, as eutanásias são realizadas em animais com processos traumáticos agudos, sem necessariamente apresentar outras patologias que poderiam causar uma redução do IS. No entanto, para as aves com causa de morte antropogênica e natural observa-se que as primeiras apresentam saúde pior, indicando que a morte por captura acidental acontece principalmente em animais com saúde debilitada. Quando os pinguins são mantidos nas análises (**Figura 5.2-25**) há uma separação clara do IS entre as causas antropogênica e natural. Mas com a remoção destes, o valor médio e a dispersão dos dados de IS nas causas antropogênicas aumentam, se sobrepondo às causas naturais (**Figura 5.2-26**). Essa diferença sugere que os pinguins com saúde debilitada são mais sujeitos a interagir com a pesca, que é a principal causa antropogênica detectada. Esse resultado é diferente do observado em tartarugas marinhas (ver abaixo).

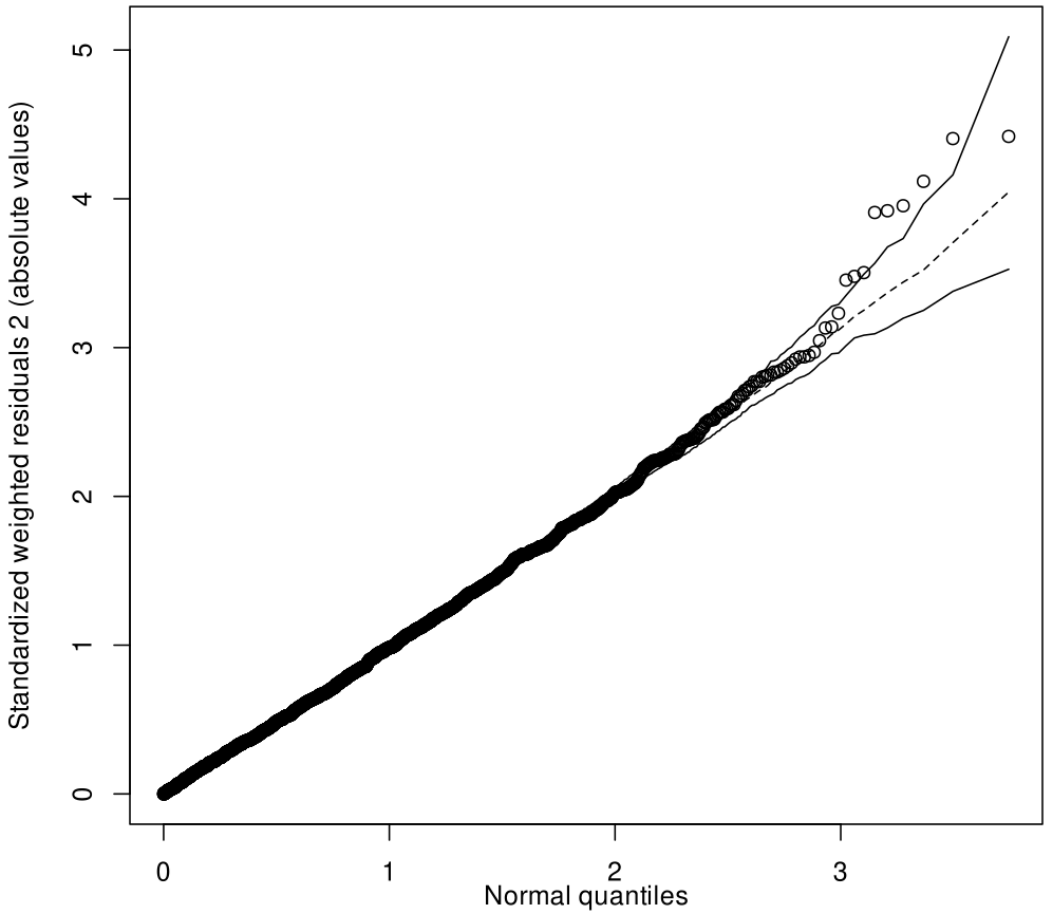
### ***Tartarugas marinhas***

A análise de GLM para o Índice de Saúde (IS) das tartarugas marinhas indicou diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 24; resid. G.L. = 3424;  $\chi^2 = 1322,1$ ;  $p < 0,0001$ ) e, assim como nas aves, todas as variáveis

utilizadas apresentaram significância (**Tabela 5.2-7**). A avaliação dos resíduos da análise das tartarugas marinhas em relação ao envelope simulado gerado a partir de uma distribuição beta teórica mostrou um bom ajuste (**Figura 5.2-27**), evidenciando a viabilidade do uso deste modelo.

**Tabela 5.2-7** - Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de tartarugas marinhas entre 2017 e 2023. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi²	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*Df))
Ano	6	368,23	< 0,00001	1,272004	1,020252
Mesorregião	12	475,15	< 0,00001	1,622125	1,02036
Habitat	2	17,13	< 0,00001	1,05121	1,012564
Causa de Morte	3	145,32	< 0,00001	1,447143	1,063535



**Figura 5.2-27** – Distribuição de resíduos das análises do GLM de tartarugas marinhas.



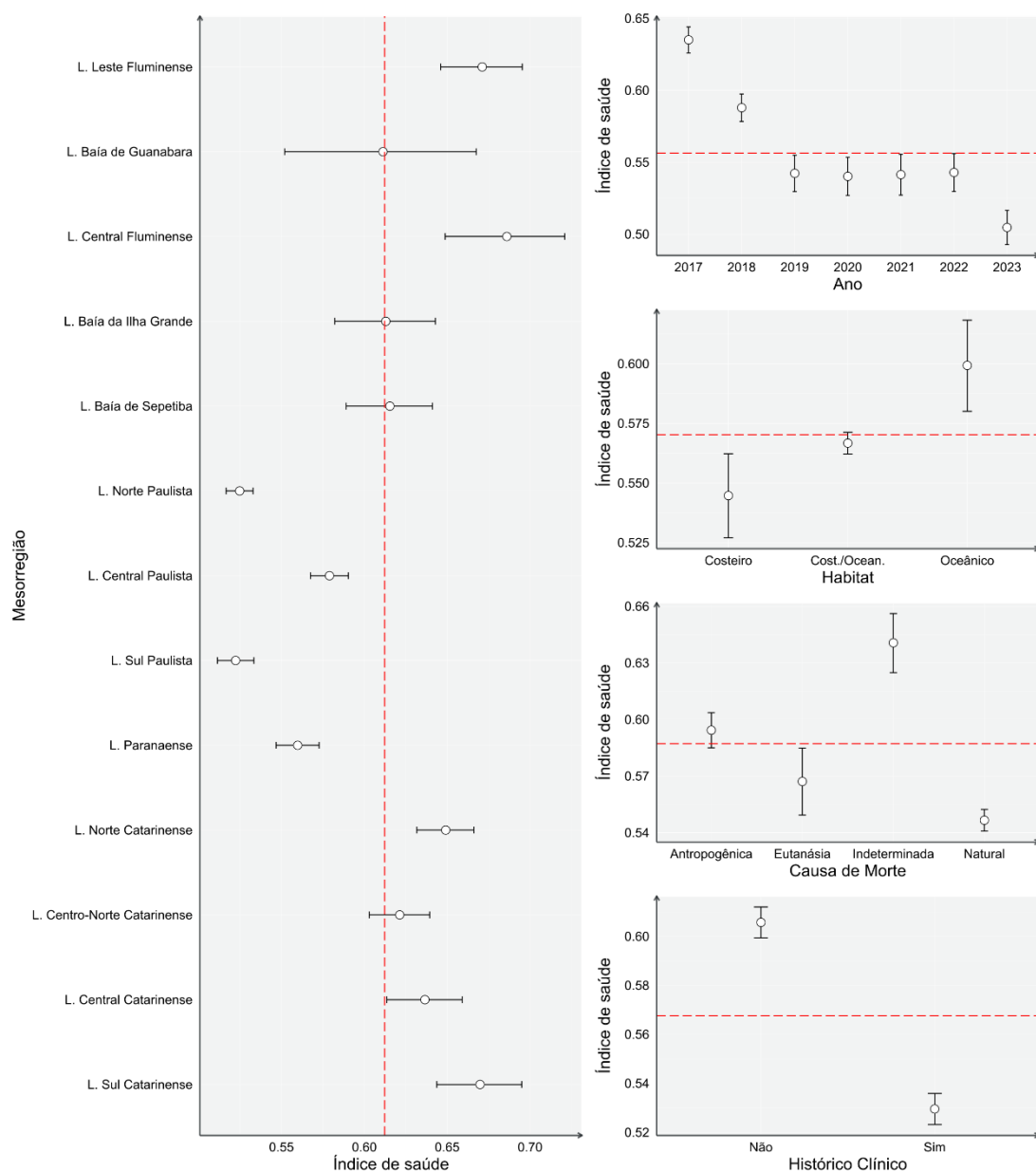
A análise dos efeitos das diferentes covariáveis sobre o IS mostrou efeitos espaciais, temporais e ligados ao habitat preferencial das espécies (**Figura 5.2-28**). Enquanto nas aves o IS foi mais alto para as mesorregiões do Rio de Janeiro frente às demais, para as tartarugas o que se observa são valores mais baixos apenas entre o Litoral Norte Paulista e Litoral Paranaense. No relatório com dados de 2022, valores mais baixos do IS haviam sido obtidos também para a Baía da Ilha Grande e Baía de Sepetiba, mas com a inclusão dos dados de 2023 esse feito se alterou. Tanto nas mesorregiões de Santa Catarina como nas das áreas abertas do Rio de Janeiro (Central Fluminense e Leste Fluminense) foram observados valores de IS acima do valor médio do efeito.

Analizando-se o efeito temporal no IS de tartarugas marinhas também foi observado uma queda nos primeiros anos, assim como nas aves, mas diferente destas, pois estabilizou entre 2019 e 2022, voltou a diminuir em 2023. A não sobreposição dos intervalos de confiança dos valores médios de 2019 a 2022 e 2023, indica que há diferenças significativas para este último ano.

Para as causas de morte, há redução no IS entre espécimes onde a causa de morte foi indeterminada, antropogênica, eutanásia e natural. Diferentemente do que se observou nas aves, tartarugas que morreram devido a interações antrópicas tinham saúde significativamente melhor do que as dos demais grupos. Por outro lado, enquanto nas aves a decisão por eutanásia é tomada principalmente por traumas, nas tartarugas usualmente isso acontece por problemas de ordem mais sistêmica, sendo coerente apresentarem um IS mais baixo.

Considerando o habitat preferencial das tartarugas, observa-se uma variação marcante no IS, com animais costeiros apresentando saúde pior do que costeiro/oceânicos, e estes piores do que animais oceânicos. Distintamente ao que acontece com aves e mamíferos, a principal diferença não está nas espécies que ocupam estes habitats, mas principalmente devido à fase de desenvolvimento destas. A tartaruga-verde, *Chelonia mydas*, que corresponde a 94,9% dos 4.248 valores de IS utilizados nas análises, é classificada como oceânica nas fases iniciais de desenvolvimento (comprimento curvilíneo de carapaça < 30cm), costeiro/oceânica em fases intermediárias (CCC entre 30 cm e 50 cm), e como costeira quando adulta (CCC > 50 cm), pois há um movimento ontogenético da espécie entre os ambientes (ARTHUR et al., 2008), apesar de haver variabilidade

nesse processo (VÉLEZ-RUBIO et al., 2018; CARMAN et al., 2012). Deste modo, o padrão de queda da saúde com o habitat pode estar sendo influenciado tanto por uma redução na qualidade ambiental do ambiente costeiro e consequente piora da saúde dos animais neste habitat, como por processos de senescência de animais mais velhos (ver abaixo).

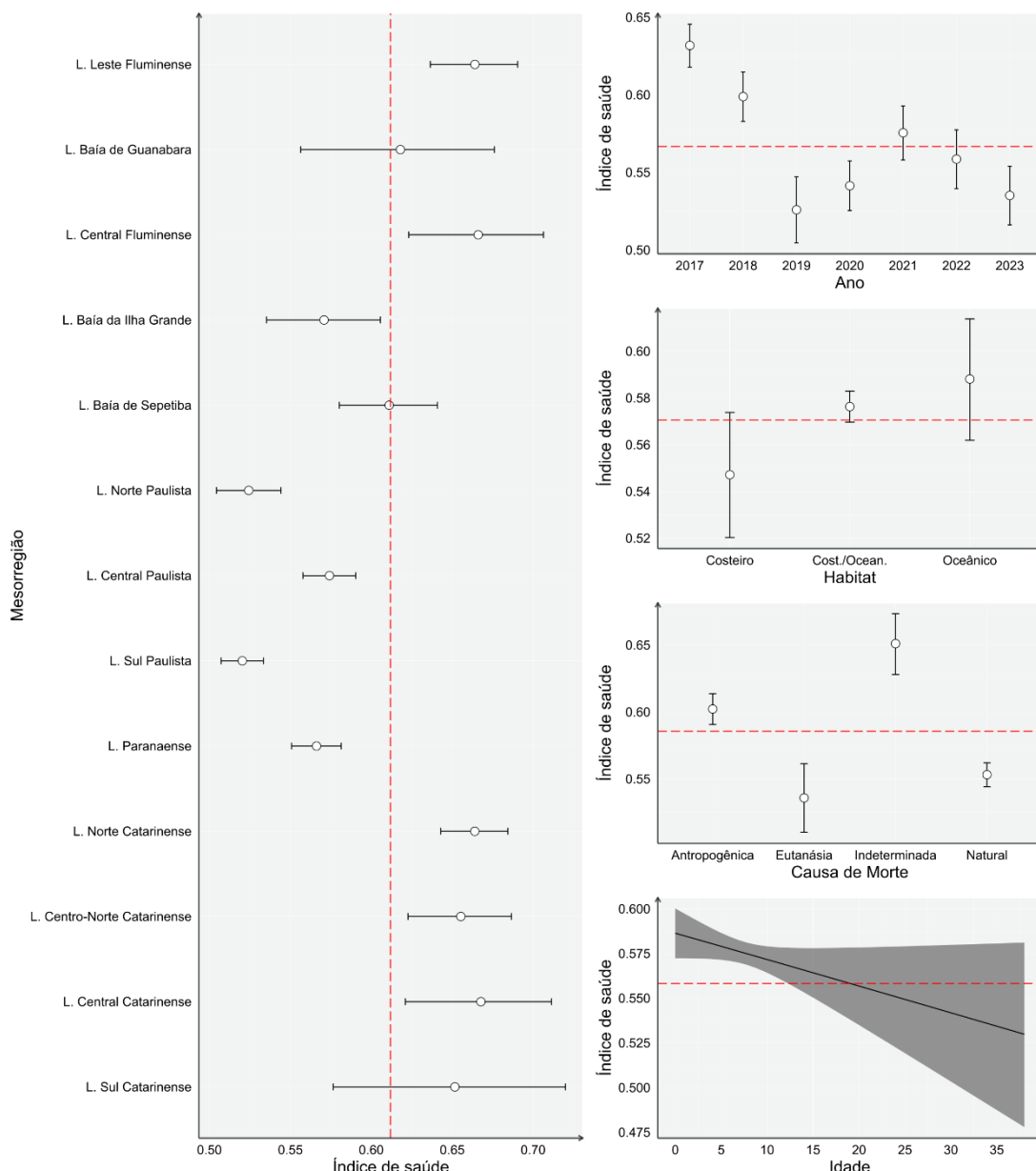


**Figura 5.2-28 – Análise de GLM do Índice de Saúde para tartarugas marinhas, entre os anos de 2017 e 2023 em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

Como descrito anteriormente, já existem resultados de determinação de idade que permitem a inclusão do fator idade na análise do IS, apesar de ainda haver uma diminuição considerável no tamanho amostral. O resultado também foi significativo para a comparação com o modelo nulo (G.L. = 24; resid. G.L. = 1672;  $\text{Chi}^2 = 481,68$ ;  $p < 0,0001$ ). O efeito da idade no IS coincidiu com o esperado, com maiores idades apresentando menores valores de IS (**Figura 5.2-29**). Entretanto, a baixa quantidade de animais mais velhos (ver item Parâmetros Biológicos, no Volume 1), fez com que o intervalo de confiança se ampliasse para idades maiores. Mesmo assim, se observa uma tendência clara de piora da saúde com a idade. Com a inclusão da idade como um fator, os exemplares sem esse parâmetro são removidos da análise. Mesmo assim o padrão de variação dos parâmetros se manteve similar para os fatores “espaço” e “habitat”, mas se alterou no aspecto temporal (anos) e “causa de morte”. Ao utilizar todas as tartarugas, a saúde daquelas que foram eutanasiadas era intermediária entre as que morreram por causas naturais e antrópicas. Com a remoção das tartarugas que não tiveram idades determinadas, o IS das tartarugas com causa de morte natural aumenta e fica dentro do intervalo das com morte por eutanásia. Do mesmo modo, a estabilidade do IS ao longo dos anos se altera. Na amostra completa, havia uma estabilidade do IS entre 2019 e 2022, mas agora se observa uma oscilação neste período, mas ainda com 2023 abaixo de anos anteriores.

**Tabela 5.2-8** - Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de tartarugas marinhas excluindo animais que passaram por tratamento e incluindo a idade como fator. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi <sup>2</sup>	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*Df))
Ano	6	7,4168	< 0,00001	3,625052	1,113293
Mesorregião	9	72,247	< 0,00001	2,764671	1,058122
Habitat	2	15,2968	< 0,00001	2,204314	1,218480
Causa de Morte	2	6,0429	< 0,00001	1,283817	1,064451
Idade	1	1,9468	0,1629283	1,175377	1,084148



**Figura 5.2-29** - Análise de GLM do Índice de Saúde para tartarugas marinhas, excluindo exemplares que passaram por tratamento veterinário entre os anos de 2017 e 2023 em todas as mesorregiões do PMP-BS.

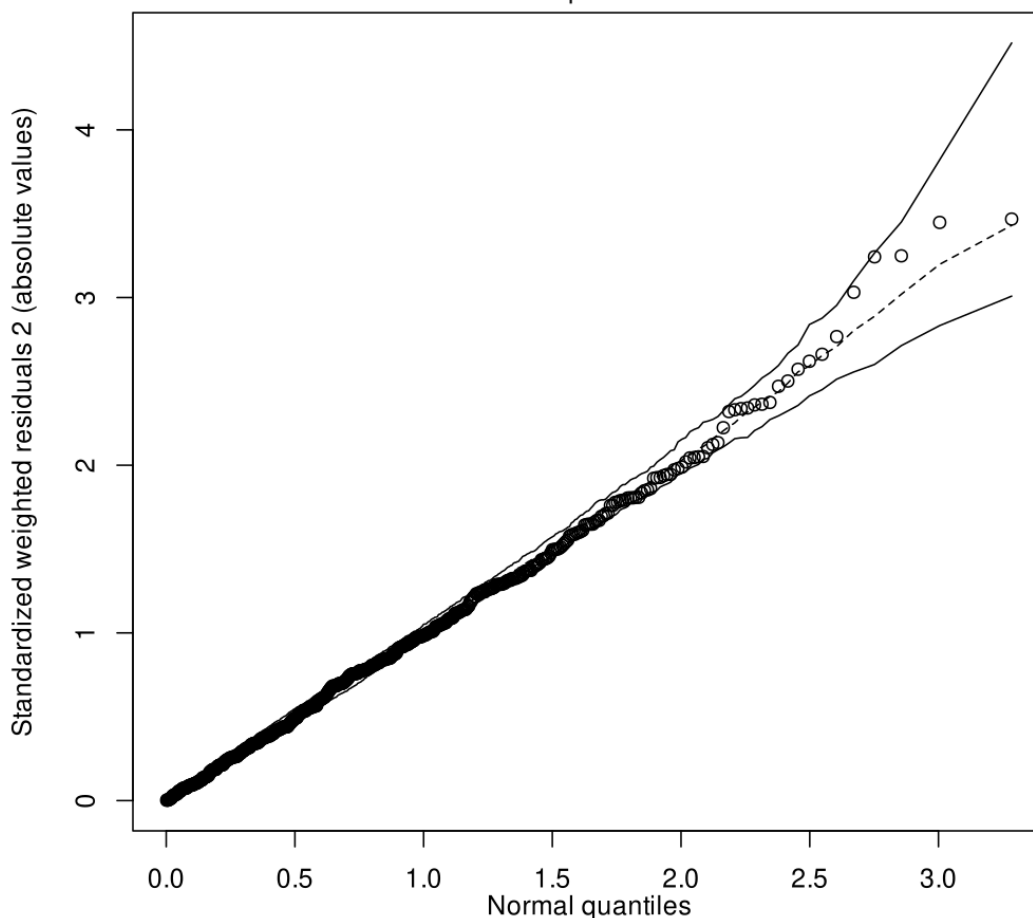
A diferença que se observa para a variação anual do IS com a inclusão da idade mostra a importância deste parâmetro na avaliação da saúde dos animais. Possivelmente, a ausência de variação entre 2019 e 2022 estava ligada à contribuição diferente de várias classes etárias naqueles anos. Com a remoção do efeito da idade, passa a ser possível observar as mudanças do IS ao longo do tempo.

## Mamíferos

A análise de GLM para o Índice de Saúde (IS) dos mamíferos marinhos mostrou que havia diferença significativa entre o modelo nulo e o modelo final (G.L. = 20; resid. G.L. = 589,0;  $\text{Chi}^2 = 158,85$ ;  $p < 0,0001$ ) e todas as variáveis utilizadas apresentaram significância (**Tabela 5.2-9**). A avaliação dos resíduos da análise para os mamíferos marinhos em relação ao envelope simulado gerado a partir de uma distribuição beta teórica mostrou um bom ajuste (**Figura 5.2-30**) indicando que os resultados das análises podem ser utilizados.

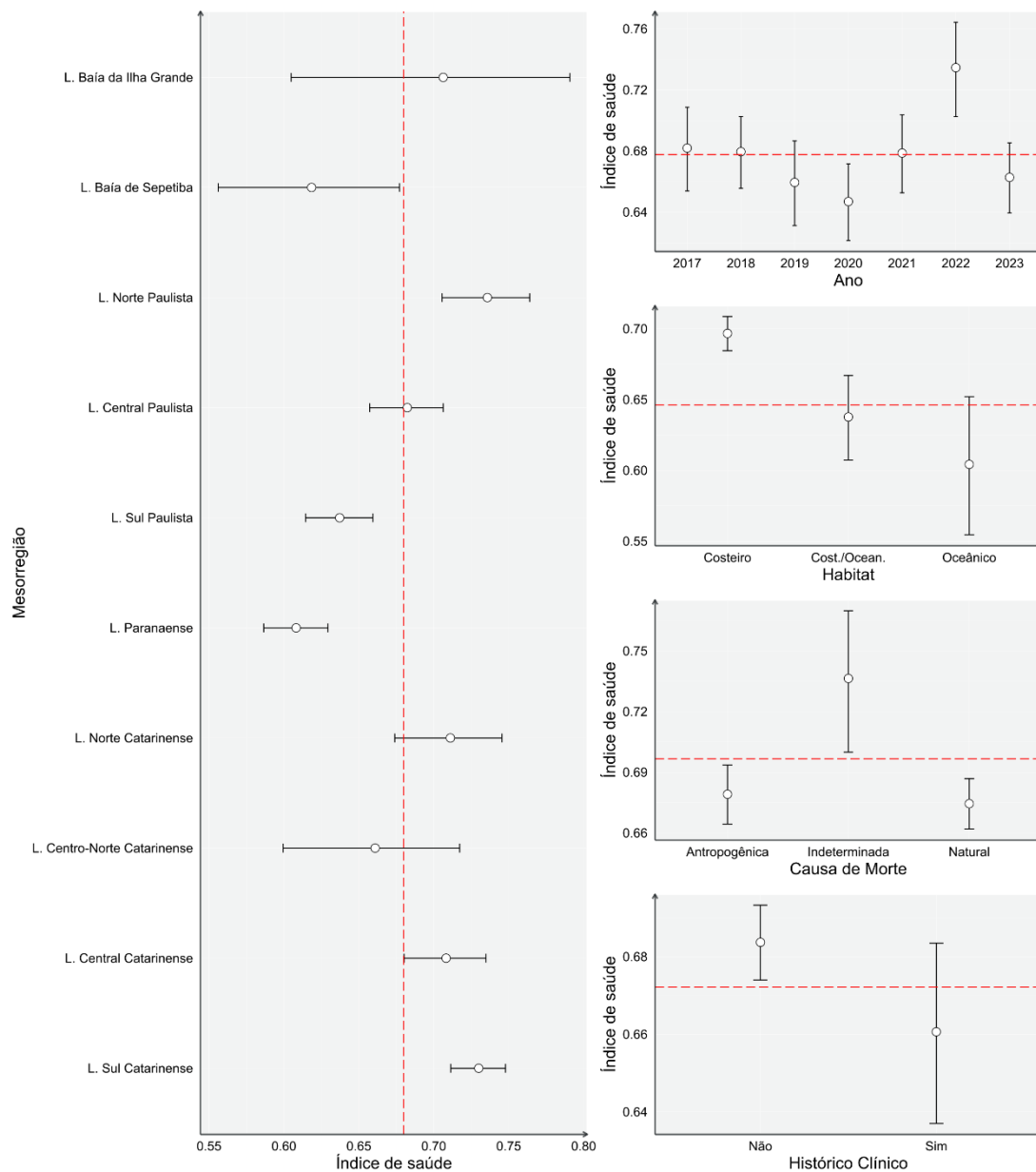
**Tabela 5.2-9** - Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de mamíferos marinhos entre 2017 e 2023. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi <sup>2</sup>	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF <sup>1/(2*Df)</sup>
Ano	6	17,5499	0,007461	4,320698	1,129699
Mesorregião	9	108,6845	< 0,00001	1,667126	1,028801
Habitat	2	23,7355	< 0,00001	3,144179	1,331609
Causa de Morte	2	9,6463	0,008041	1,29285	1,066319



**Figura 5.2-30** – Distribuição de resíduos das análises de GLM de mamíferos marinhos.

Como os mamíferos apresentam menor ocorrência como grupo, há naturalmente uma menor quantidade de animais onde o IS possa ser calculado. Deste modo os intervalos de confiança tendem a ser maiores do que nos outros dois grupos. Havendo sobreposição dos intervalos, não é possível afirmar que haja diferenças significativas entre os fatores. Tendo isto em mente, observa-se uma tendência da piora da saúde dos mamíferos de norte para sul, entre São Paulo e Paraná, e valores mais altos e similares de saúde ao longo de Santa Catarina.



**Figura 5.2-31 – Análise de GLM do Índice de Saúde para mamíferos marinhos, entre os anos de 2017 e 2023 em todas as mesorregiões do PMP-BS.**

Temporalmente, há uma tendência de queda no IS de 2017 a 2020 e um aumento considerável até 2022. Como colocado anteriormente, como os intervalos de confiança são amplos, a tendência de oscilação dos valores deve ser considerada com cautela. Entretanto o ano de 2022 se destaca, estando bem acima dos demais. Neste ano houve a contribuição no IS de diversos exemplares de *Arctocephalus australis* (n=21), que tiveram uma média de IS alta (0,74), o que pode ter contribuído para o valor mais alto daquele ano.



Por outro lado, se manteve o padrão observado no relatório com dados de 2022 quando se compara a saúde entre espécies de habitat costeiro com as demais. Há uma diferença significativa dos animais costeiros, sendo melhor do que as dos habitats costeiros/oceânicos e oceânicos. Possivelmente, esta diferença está associada a uma maior quantidade de cetáceos costeiros nos quais é identificada causa de morte ligada a asfixia, e que não apresentam outros problemas de saúde. Este tipo de morte muitas vezes está ligado a capturas acidentais em redes de pesca, que são eventos agudos. Poderia ser discutido que, ao avaliar a causa de morte, o IS de animais com causa antropogênica apresenta valores mais baixos dos que tem causa indeterminada. Porém, deve-se lembrar que a causa só é considerada “antropogênica” quando existem sinais inequívocos para tal. Não havendo estes indícios, a causa é considerada “indeterminada”. Assim, o motivo para os maiores valores de IS nesta categoria pode estar ligada à impossibilidade de detectar sinais claros de causa antropogênica, mesmo que a causa da morte seja apenas asfixia, sem outros sinais clínicos.

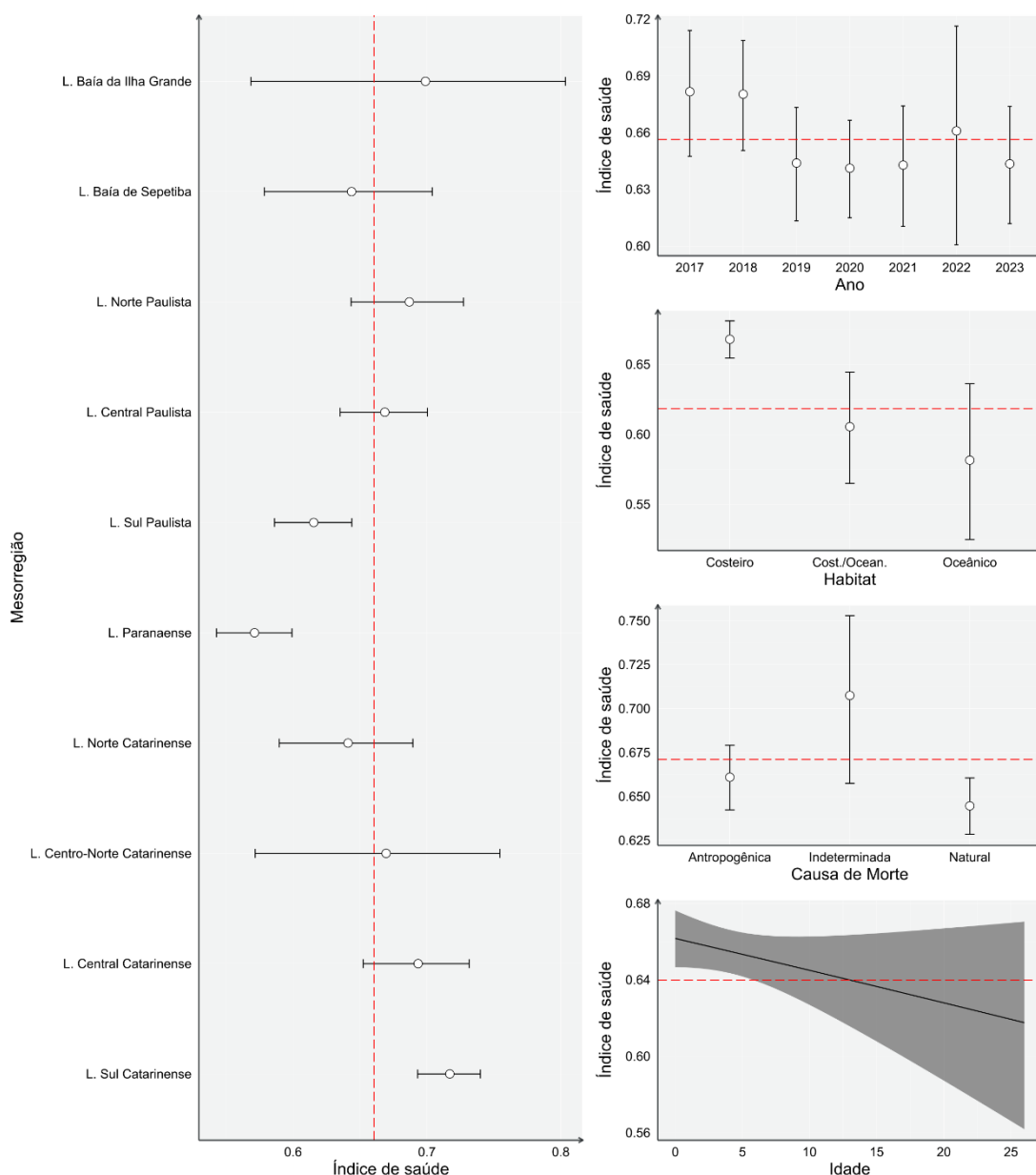
Ainda tratando da diferença no IS de acordo com o habitat, o valor mais baixo para espécies de hábito oceânico pode estar relacionado com a necessidade da carcaça esteja fresca ou em estágio inicial de decomposição para que se consiga computar o IS. Animais que morrem em ambiente oceânico devido a causas agudas, como capturas acidentais, apresentam tempo maior de deriva até à costa, levando a decomposição da carcaça e impossibilidade de se calcular o IS. Os animais passíveis de análises, possivelmente se aproximaram da costa ainda vivos, sugerindo algum problema de saúde, pois estavam fora de seu habitat usual. Assim, o menor IS em espécies oceânicas pode estar ligada ao fato de a avaliação dos animais estarem restritas a mortes recentes e, portanto, ainda frescos. Entretanto não se pode descartar a possibilidade de que esteja havendo impactos no ambiente oceânico que estão levando à uma queda na saúde dos animais naquela área.

Ao se incluir a idade como um fator na variabilidade do IS (**Tabela 5.2-8; Figura 5.2-32**) o padrão geral observado anteriormente não muda, mas com a redução do tamanho amostral os intervalos de confiança ficam ainda maiores. O efeito da idade em si é marcante, com uma diminuição do IS com aumento da idade. Isso é de se esperar pois animais senescentes tendem a ter mais problemas de saúde e maior

mortalidade (Caughley, 1966; Barlow & Boveng, 1991). Entretanto, como a amostra de animais velhos foi menor, o intervalo de confiança se amplia (**Figura 5.2-32**). Assim, apesar da variável não ser significativa no modelo selecionado (**Tabela 5.2-8**), possivelmente no futuro, com o aumento do número de observações de animais mais velhos, esta tendência pode se confirmar.

**Tabela 5.2-10** - Resultados da análise de modelos lineares generalizados (GLM) para o Índice de Saúde de mamíferos marinhos entre 2017 e 2023 excluindo animais que passaram por tratamento e incluindo a idade como fator. “G.L.” – graus de liberdade.

Parâmetro	G.L.	ANOVA Modelo Final		Inflação de Variância	
		Chi²	Pr(>Chi)	GVIF	GVIF^(1/(2*Df))
Ano	6	7,4168	< 0,00001	3,625052	1,113293
Mesorregião	9	72,247	< 0,00001	2,764671	1,058122
Habitat	2	15,2968	< 0,00001	2,204314	1,218480
Causa de Morte	2	6,0429	< 0,00001	1,283817	1,064451
Idade	1	1,9468	0,1629283	1,175377	1,084148



**Figura 5.2-32 – Análise de GLM do Índice de Saúde para mamíferos marinhos, entre os anos de 2017 e 2023 em todas as mesorregiões do PMP-BS, incluindo a idade como fator.**

## 5.3 CONSIDERAÇÕES

### 5.3.1 Padrões de encalhes

No presente relatório, assim como nos relatórios anuais com a série de dados até 2021 (PETROBRAS, 2022a) e a série até 2022 (PETROBRAS, 2023), os padrões de encalhes foram analisados considerando toda a extensão monitorada no PMP-BS e todo o período de execução do projeto. Com isso tem-se buscado uma visão integrada entre aspectos espaciais e temporais, para permitir a identificação de áreas ou momentos em que tenha havido alterações nos padrões de ocorrência das espécies. A Análise de Redundância (RDA), vem se mostrando útil na identificação de padrões nos encalhes, por permitir a integração de diversas variáveis na mesma abordagem. Deste modo, as contribuições dos diferentes fatores podem ser avaliadas de forma unificada, permitindo visualizar os efeitos conjuntos nos padrões de encalhes.

Os efeitos do tempo (sazonalidade e variação interanual) e do espaço (mesorregiões) foram significativos para as três classes, tanto neste ano como em relatórios anteriores. Os padrões espaciais de encalhe diferiram entre as classes, mas de um modo geral observou-se o agrupamento das mesorregiões separadas no sentido norte-sul. Isto reflete padrões biogeográficos naturais da área coberta pelo PMP-BS.

Se forem consideradas as ecorregiões marinhas (SPALDING *et al.*, 2007), toda a área do PMP-BS está inclusa na ecorregião do Sudeste do Brasil. Esta ecorregião estende-se do Cabo de Santa Marta, SC, até Arraial do Cabo, RJ. Deste modo, seria de se esperar que ao longo da área do PMP-BS se observasse uma alteração na fauna, com a transição entre as ecorregiões. Os resultados da RDA nos mamíferos agrupam as mesorregiões ao sul e ao norte do Paraná, mas nas aves a separação está no norte de São Paulo. Nas tartarugas o efeito espacial norte-sul não é tão claro, apesar de ser a classe com o efeito espacial mais marcante, com um forte agrupamento das mesorregiões ao longo do eixo 2 (**Figura 5.2-14**). Possivelmente, isto é efeito da baixa riqueza do grupo e à forte influência da tartaruga-verde, que possui migrações latitudinais e sua ocorrência na costa é influenciada por questões ontogenéticas.

As mesorregiões do Rio de Janeiro não apresentam um padrão claro de agrupamento, possivelmente por uma combinação de fatores. Do ponto de vista amostral, por já apresentar características mais fortes da ecorregião do Sudeste do Brasil e por questões amostrais. Nas baías da Ilha Grande e de Sepetiba a maior parte do esforço amostral é embarcado devido ao litoral recortado e à falta de acesso a muitas praias. A natureza mais abrigada destas duas baías e em especial da Baía da Guanabara, deve afetar a ocorrência das espécies, alterando o que seria registrado em áreas de costa aberta. As áreas abertas do Rio de Janeiro estão concentradas nas mesorregiões do Litoral Leste Fluminense e Litoral Central Fluminense. Entretanto, na RDA foram utilizados somente os registros feitos no monitoramento terrestre diário, para garantir uma homogeneidade no esforço amostral e taxas de encontro. Como na mesorregião do Litoral Central Fluminense até a metade de 2023 não havia praias monitoradas diariamente por terra, não houve registros para ela. Com todos estes fatores somados, os padrões biogeográficos de larga escala são mais difíceis de serem identificados neste estado. Será interessante avaliar no futuro os registros feitos para o Litoral Central Fluminense, após a coleta de um ano completo de dados.

Do ponto de vista do efeito de variáveis antrópicas nos padrões de encalhes, somente duas variáveis foram significativas nas análises: tráfego de embarcações da Petrobras para tartarugas, e a distância ao polo de produção para mamíferos. Estas variáveis também haviam sido significativas no relatório com dados de 2022, e para os mamíferos é muito possível que isto esteja ligado aos padrões de distribuição das espécies discutidos anteriormente. Como a distância ao polo de produção cresce para o sul, isso se sobrepõe ao padrão de maior ocorrência de *Pontoporia blainvillei* e de pinípedes. Deste modo, o padrão observado deve estar refletindo mais um padrão biogeográfico do que um efeito gerado pela distância às atividades licenciadas.

No caso das tartarugas marinhas, as colisões com embarcações são um fator de risco para o grupo, identificado em diversos locais ao redor do mundo (HAZEL & GIURYS, 2006; HAZEL et al., 2007; SCHOEMAN, et al., 2020). Deste modo, a significância da intensidade do tráfego de embarcações poderia ser um efeito esperado. Entretanto, a relação observada entre as espécies e o tráfego de embarcações é inversa, indicando que áreas com maiores valores para tráfego são

as que apresentaram menos encalhes. Os dados de tráfego utilizados nas análises provêm do Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações (PMTE), e o mapa com as intensidades de tráfego de embarcações da Petrobras indica maiores valores no Rio de Janeiro e norte de São Paulo (**Figura 5.1-3A**). Esta última apresenta grande quantidade de registros de tartarugas, mas no Rio de Janeiro apesar de haver praias específicas com grandes quantidades de registros (ver volume 1), a necessidade de utilizar o monitoramento embarcado em grande parte das baías da Ilha Grande e de Sepetiba faz com os registros destas praias não sejam utilizados. Uma vez que houve a alteração da estratégia na mesorregião do Litoral Central Fluminense em 30/06/2023, com inclusão de monitoramento terrestre diário, será importante reavaliar estas correlações em futuros relatórios.

### **5.3.2 Índice de Saúde**

Os resultados das análises dos Índices de Saúde das aves indicaram maiores valores nas mesorregiões mais ao norte (RJ) da área de abrangência do projeto, quando comparados aos valores das mesorregiões mais ao sul (SP, PR e SC). Este padrão coincidiu com os padrões observados nos anos de 2021 e 2022, indicando um processo de longo prazo. Avaliando os resultados do IS de todos os grupos de aves foi observada uma piora na saúde neste grupo ao longo dos anos, apesar de ser mais intensa nos pinguins. Na avaliação entre os hábitos das espécies foi observado o mesmo que em 2022, ou seja, espécies de hábitos costeiros e as oceânicas possuem IS similares. Ao examinar o efeito das causas de morte sobre o IS o resultado foi semelhante ao de 2022. Cabe ressaltar, que nas aves com causa de morte antropogênica e natural foi observado que as primeiras apresentam saúde pior, indicando que a morte por captura acidental acontece principalmente em animais com saúde debilitada.

A análise dos efeitos das diferentes covariáveis sobre o IS das tartarugas marinhas apresentou efeitos espaciais, temporais e ligados ao habitat preferencial das espécies. Na avaliação das mesorregiões foi observada uma mudança em relação ao ano anterior (2022), pois foram observados valores de IS acima do valor médio do efeito, nas mesorregiões de Santa Catarina e nas áreas abertas do Rio de Janeiro (Central Fluminense e Leste Fluminense). Quanto ao efeito temporal do IS nas tartarugas marinhas, também foi observado, assim como nas aves, uma

diminuição significativa ao longo do tempo. Diferentemente do que se observou nas causas de morte das aves, tartarugas com morte relacionada a interações antrópicas apresentaram saúde significativamente melhor. Levando em conta o habitat preferencial das tartarugas, foi observada uma variação marcante no IS, com animais costeiros apresentando saúde pior do que costeiro/oceânicos, e estes piores do que animais oceânicos. Este padrão pode estar relacionado aos movimentos ontogenéticos da espécie entre os ambientes, relacionados a processos de senescência dos animais mais velhos ou pode ter influência na redução da qualidade ambiental do ambiente costeiro.

Foi observado nos mamíferos marinhos uma tendência da piora da saúde do norte para o sul, entre São Paulo e Paraná, e valores mais altos e similares de saúde ao longo de Santa Catarina. Cabe ressaltar, que a ocorrência de encalhes e atendimentos neste grupo é menor, quando comparado aos outros grupos objetos deste monitoramento. Com isso, os intervalos de confiança nas análises tendem a ser maiores e, havendo sobreposição dos intervalos, não é possível afirmar que existem diferenças significativas entre os fatores. Entre os anos de 2017 e 2023, foi observada uma certa oscilação no IS dos mamíferos, com destaque para o ano de 2022 que apresentou valores significativamente maiores. No entanto, em 2022 ocorreu a contribuição expressiva de uma espécie (*Arctocephalus australis*) que apresentou IS médio alto, o que pode ter contribuído para o valor observado na série temporal.

As análises indicaram maiores valores de IS em mamíferos de habitat costeiro, quando em comparação com os de habitats costeiros/oceânicos e oceânicos. Padrão semelhante ao observado em 2022. Vale salientar, que o relativo baixo valor para espécies de hábito oceânico pode estar relacionado ao fato de que as observações do monitoramento ocorrem na costa, ou seja, longe do habitat usual destas espécies. Isso tem relação com o comportamento de animais de se aproximarem da costa quando doentes e também, a impossibilidade de calcular o IS em carcaças com estágio avançado de decomposição. Mamíferos com causas de morte antropogênica e natural apresentaram, nas análises, IS semelhantes.

Registra-se tendência geral de queda nos valores do IS de aves e tartarugas, o que não tem acontecido com as mamíferos. Anteriormente se discutiu a



possibilidade de que a queda inicial pudesse ser atribuída a um aumento da acuidade da equipe de veterinários com o tempo, no entanto isto não explicaria a tendência continuada nestes dois grupos, considerando que as equipes nos últimos anos já estão adaptadas aos protocolos. A agregação de mais resultados de IS ao longo dos anos, avaliações futuras considerando outros recortes de resultados (ex. espécies mais frequentes), bem como sua interpretação considerando os resultados obtidos em outras análises realizadas no PMP-BS, poderão subsidiar novas hipóteses de causa destas tendências.

#### **5.4 REFERÊNCIAS – ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL INTEGRADA**

ALMEIDA, A. DE P., SANTOS, A.J.B., THOMÉ, J.C.A., BELINI, C., BAPTISTOTTE, C., MARCOVALDI, M.Â., SANTOS, A.S. DOS, LOPEZ, M., 2011. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 1(1), 12-19. DOI: 10.37002/biobrasil.v1i1.87

ARTHUR, K. E.; BOYLE, M. C.; LIMPUS, C. J. Ontogenetic changes in diet and habitat use in green sea turtle (*Chelonia mydas*) life history. **Marine Ecology Progress Series**, [s.l.], v. 362, p. 303–311, 2008. ISSN: 0171-8630, 1616-1599, DOI: 10.3354/meps07440.

BALLANCE, L. T.; PITMAN, R. L.; FIEDLER, P. C. 2006. Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. **Progress in Oceanography**, 69(2), 360–390. DOI: 10.1016/j.pocean.2006.03.013

BARLETTA, M., CYSNEIROS, F. J. A., LIMA, A. R. A. 2016. Effects of dredging operations on the demersal fish fauna of a South American tropical–subtropical transition estuary. **Journal of Fish Biology**, 89(1), 890–920. DOI: 10.1111/jfb.12999

BARLOW, J., & BOVENG, P. 1991. Modeling Age-Specific Mortality for Marine Mammal Populations. **Marine Mammal Science**, 7(1), 50–65. DOI: 10.1111/j.1748-7692.1991.tb00550.x

CAMPANA, I.; CROSTI, R.; ANGELETTI, D.; CAROSSO, L.; DAVID, L.; DI-MÉGLIO, N.; ... ARCANGELI, A. 2015. Cetacean response to summer maritime traffic in the Western Mediterranean Sea. **Marine Environmental Research**, 109, 1–8. DOI: 10.1016/j.marenvres.2015.05.009

CARMAN, V. G.; FALABELLA, V.; MAXWELL, S.; ALBAREDA, D.; CAMPAGNA, C.; MIANZAN, H. Revisiting the ontogenetic shift paradigm: The case of juvenile green turtles in the SW Atlantic. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [s. l.], v. 429, p. 64–72, 2012.

CASTELÃO, R. M.; CAMPOS, E. J. D.; MILLER, J. L. 2004. A Modelling Study of Coastal Upwelling Driven by Wind and Meanders of the Brazil Current. **Journal of**



**Coastal Research**, 2004(203), 662–672. DOI: 10.2112/1551-5036(2004)20[662:AMSOCU]2.0.CO;2

CAUGHLEY, G. 1966. Mortality Patterns in Mammals. **Ecology**, 47(6), 906–918. DOI: 10.2307/1935638

COSTA, A. P. B., FRUET, P. F., SECCHI, E. R., DAURA-JORGE, F. G., SIMÕES-LOPES, P. C., DI TULLIO, J. C., ROSEL, P. E. 2021. Ecological divergence and speciation in common bottlenose dolphins in the western South Atlantic. **Journal of Evolutionary Biology**, 34(1), 16–32. DOI: 10.1111/jeb.13575

COSTA, A. P. B., 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. DOI: 10.1111/mms.12342

CRESPO, E.A., SCHIAVINI, A.C.M., GARCÍA, N.A., FRANCO-TRECU, V., GOODALL, R.N.P., RODRÍGUEZ, D., STENGHEL MORGANTE, J., DE OLIVEIRA, L.R., 2015. Status, population trend and genetic structure of South American fur seals, *Arctocephalus australis*, in southwestern Atlantic waters. **Marine Mammal Science** 31, 866–890. DOI: 10.1111/mms.12199

CRIBARI-NETO F, ZEILEIS A (2010). “Beta Regression in R.” **Journal of Statistical Software**, 34(2), 1–24. doi:10.18637/jss.v034.i02.

DARBRA, R. M., RONZA, A., STOJANOVIC, T. A., WOOLDRIDGE, C., CASAL, J. 2005. A procedure for identifying significant environmental aspects in sea ports. **Marine Pollution Bulletin**, 50(8), 866–874. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2005.04.037

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação. 2024. **Limites Jurisdicionais e Linhas de Base**. Disponível em <https://idem.dhn.mar.mil.br/geonetwork/srv/api/records/07d36a61-851d-4a7b-8054-ff6f2e176e2a> Acessado em 24/09/2024.

DO AMARAL, K. B., ALVARES, D. J., HEINZELMANN, L., BORGES-MARTINS, M., SICILIANO, S., MORENO, I. B. 2015. Ecological niche modeling of *Stenella* dolphins (Cetartiodactyla: Delphinidae) in the southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 472, 166–179. DOI: 10.1016/j.jembe.2015.07.013

FERNANDEZ, M.; YESSON, C.; GANNIER, A.; MILLER, P. I.; AZEVEDO, J. M. 2017. The importance of temporal resolution for niche modelling in dynamic marine environments. **Journal of Biogeography**, 44(12), 2816–2827. DOI: 10.1111/jbi.13080

FLACH, L., ALONSO, M.B., MARINHO, T., WAEREBEEK, K.V., BRESSEM, M.-F.V. 2019. Clinical signs in free-ranging Guiana dolphins *Sotalia guianensis* during a morbillivirus epidemic: case study in Sepetiba Bay, Brazil. **Diseases of Aquatic Organisms** 133: 175–180. DOI: 10.3354/dao03343

GOLDBERG, D.W.; VANSTREELS, R. E.; ALCALA, M. M.; HURTADO, R.; MANTOVANI, P. F.; SERAFINI, P. P.; BARBOSA, A. F. 2021. Unforeseen consequences of the COVID-19 pandemic: Increased frequency of kite-string

injures in magnificent frigatebirds (*Fregata magnificens*) in Rio de Janeiro state, Brazil. **Universities Federation for Animal Welfare**, 2021

GOLDSWORTHY, S.D., PAGE, B., HAMER, D.J., LOWTHER, A.D., SHAUGHNESSY, P.D., HINDELL, M.A., BURCH, P., COSTA, D.P., FOWLER, S.L., PETERS, K., MCINTOSH, R.R., BAILLEUL, F., MACKAY, A.I., KIRKWOOD, R., HOLMAN, D., BRYARS, S. 2022. Assessment of Australian Sea Lion Bycatch Mortality in a Gillnet Fishery, and Implementation and Evaluation of an Effective Mitigation Strategy. **Frontiers in Marine Science**, 9:799102. DOI: 10.3389/fmars.2022.799102

GROCH, K. R., SANTOS-NETO, E. B., DÍAZ-DELGADO, J., IKEDA, J. M. P., CARVALHO, R. R., OLIVEIRA, R. B., GUARI, E. B., BISI, T. L., AZEVEDO, A. F., LAILSON-BRITO, J., CATÃO-DIAS, J. L. 2018. Guiana Dolphin Unusual Mortality Event and Link to Cetacean Morbillivirus, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, 24(7), 1349–1354. DOI: 10.3201/eid2407.180139

HASTIE, G. D.; WILSON, B.; TUFFT, L. H.; THOMPSON, P. M. 2003. Bottlenose Dolphins Increase Breathing Synchrony in Response to Boat Traffic. **Marine Mammal Science**, 19(1), 74–084. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2003.tb01093.x

HAZEL, J., & GYURIS, E. (2006). Vessel-related mortality of sea turtles in Queensland, Australia. **Wildlife Research**, 33(2), 149–154. DOI: 10.1071/WR04097

HAZEL, J., LAWLER, I. R., MARSH, H., & ROBSON, S. 2007. Vessel speed increases collision risk for the green turtle *Chelonia mydas*. **Endangered Species Research**, 3(2), 105–113. DOI: 10.3354/esr003105

HOHL, L. S. L., SICURO, F. L., WICKERT, J. C., MORENO, I. B., ROCHA-BARBOSA, O., BARRETO, A. S. 2020. Skull morphology of bottlenose dolphins from different ocean populations with emphasis on South America. **Journal of Morphology**, 281(6), 564–577. DOI: 10.1002/jmor.21121

HOTHORN, T., BRETZ, F., WESTFALL, P. (2008). “Simultaneous Inference in General Parametric Models.” **Biometrical Journal**, 50(3), 346–363.

JUSUFOVSKI, D., SAAVEDRA, C., KUPARINEN, A. 2019. Competition between marine mammals and fisheries in contemporary harvested marine ecosystems. **Marine Ecology Progress Series**, 627, 207–232. DOI: 10.3354/meps13068

KOVACS, K. M., AGUILAR, A., AURIOLES, D., BURKANOV, V., CAMPAGNA, C., GALES, N., GELATT, T., GOLDSWORTHY, S. D., GOODMAN, S. J., HOFMEYER, G. J. G., HÄRKÖNEN, T., LOWRY, L., LYDERSEN, C., SCHIPPER, J., SIPILÄ, T., SOUTHWELL, C., STUART, S., THOMPSON, D., TRILLMICH, F. 2012. Global threats to pinnipeds. **Marine Mammal Science**, 28(2), 414–436. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2011.00479.x

LÊ S, JOSSE J, HUSSON F (2008). “FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis.” **Journal of Statistical Software**, 25(1), 1–18. doi:10.18637/jss.v025.i01

LEGENDRE, P.; L. LEGENDRE. 2012. **Numerical ecology**, 3rd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam. xvi + 990 pp.

- LODI, L., DOMIT, C., LAPORTA, P., TULLIO, J. C. D., MARTINS, C. C. A., VERMEULEN, E. 2016. Report of the Working Group on the Distribution of *Tursiops truncatus* in the Southwest Atlantic Ocean. **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 11(1–2), 29–46. DOI: 10.5597/lajam00214
- MARCOVALDI, M. Â., SALES, G., THOMÉ, J. C. A., SILVA, A. C. C. D. DA, GALLO, B. M. G., LIMA, E. H. S. M., ... BELLINI, C. 2006. Sea Turtles and Fishery Interactions in Brazil: Identifying and Mitigating Potential Conflicts. **Marine Turtle Newsletter**, 112, 4–8.
- MATANO, R. P.; PALMA, E. D.; PIOLA, A. R. 2010. The influence of the Brazil and Malvinas Currents on the Southwestern Atlantic Shelf circulation. **Ocean Science**, 6(4), 983–995. DOI: 10.5194/os-6-983-2010
- MCCLELLAN, C. M.; BRERETON, T.; DELL'AMICO, F.; JOHNS, D. G.; CUCKNELL, A.-C.; PATRICK, S. C.; ... GODLEY, B. J. 2014. Understanding the Distribution of Marine Megafauna in the English Channel Region: Identifying Key Habitats for Conservation within the Busiest Seaway on Earth. **PLOS ONE**, 9(2), e89720. DOI: 10.1371/journal.pone.0089720
- MOORE, M. J., MITCHELL, G. H., ROWLES, T. K., EARLY, G. 2020. Dead Cetacean? Beach, Bloat, Float, Sink. **Frontiers in Marine Science**, 7. DOI: 10.3389/fmars.2020.00333
- MORAL, R. A., HINDE, J., DEMETRIO, C. G. B. (2017). “Half-Normal Plots and Overdispersed Models in R: The hnp Package.” **Journal of Statistical Software**, 81(10), 1–23. doi:10.18637/jss.v081.i10.
- MUXIKA, I., BORJA, Á., BONNE, W. 2005. The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources along European coasts. **Ecological Indicators**, 5(1), 19–31. DOI: 10.1016/j.ecolind.2004.08.004
- NEVES, T., OLMOS, F., PEPPE, F., MOHR, L.V. 2006. **Plano de ação nacional para a conservação de albatrozes e petréis: Planacap**, Série Espécies ameaçadas. IBAMA, MMA, Brasília.
- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L., McGlenn, D., Ouellette, M., Ribeiro Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C., Weedon, J. (2024). **vegan: Community Ecology Package**. R package versão 2.7-0. Disponível em <https://vegandevs.github.io/vegan/>.
- OLIVEIRA, A.D., KOLESNIKOVAS, C.K.M., SERAFINI, P.P., MOREIRA, L.M. DE P., PONTALTI, M., SIMÕES-LOPES, P.C., BARRETO, A.S. 2014. Occurrence of Pinnipeds in Santa Catarina between 2000 and 2010. **Latin American Journal of Aquatic Mammals** 9. DOI: 10.5597/lajam00179
- OPPEL, S.; MEIRINHO, A.; RAMÍREZ, I.; GARDNER, B.; O'CONNELL, A. F.; MILLER, P. I.; LOUZAO, M. 2012. Comparison of five modelling techniques to predict the spatial distribution and abundance of seabirds. **Biological Conservation**, 156, 94–104. DOI: 10.1016/j.biocon.2011.11.013

PALMA, E. D.; MATANO, R. P.; PIOLA, A. R. A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf circulation: Stratified ocean response to local and offshore forcing. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 113, n. C11, 2008. DOI: 10.1029/2007JC004720.

PANIGADA, S.; PESANTE, G.; ZANARDELLI, M.; CAPOULADE, F.; GANNIER, A.; WEINRICH, M. T. 2006. Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes. **Marine Pollution Bulletin**, 52(10), 1287–1298. DOI:10.1016/j.marpolbul.2006.03.014

PELTIER, H.; DABIN, W.; DANIEL, P.; VAN CANNEYT, O.; DORÉMUS, G.; HUON, M.; RIDOUX, V. 2012. The significance of stranding data as indicators of cetacean populations at sea: Modelling the drift of cetacean carcasses. **Ecological Indicators**, 18, 278–290. DOI:10.1016/j.ecolind.2011.11.014

PETROBRAS. 2019. **3º Relatório Técnico Anual (setembro/2017 a agosto/2018)** - Gerenciamento e Execução do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacias de Santos – Fase 1. Versão 02. (p. 401). Itajaí, SC: UNIVALI/PETROBRAS.

PETROBRAS. 2022a. **Relatório Técnico Anual Integrado 01/01/2021 a 31/12/2021**: Volume 2 – Análise espaço temporal integrada, HPA e elementos traço (p. 402). UNIVALI/Mineral/Econservation/USP/UNESP/PETROBRAS.

PETROBRAS. 2022b. **Relatório Anual em Atendimento ao Processo IBAMA nº 02001.130838/2017-07** - Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações. RT\_PMTE\_2020\_26112021-00. (p. 107). PETROBRAS.

PETROBRAS. 2023. **Relatório Técnico Anual Integrado 01/01/2022 a 31/12/2022**: Volume 2 – Análise espaço temporal integrada, HPA e elementos traço (p. 407). UNIVALI/Mineral/Econservation/USP/UNESP/PETROBRAS.

PRADO, J. H. F.; MATTOS, P. H.; SILVA, K. G.; SECCHI, E. R. 2016. Long-Term Seasonal and Interannual Patterns of Marine Mammal Strandings in Subtropical Western South Atlantic. **PLoS ONE**, 11(1), e0146339. DOI: 10.1371/journal.pone.0146339

PRADO, J.H.F.; E.R. SECCHI, P.G. KINAS. 2013. Mark-recapture of the endangered franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) killed in gillnet fisheries to estimate past bycatch from time series of stranded carcasses in southern Brazil. **Ecological Indicators** 32: 35–41. DOI:10.1016/j.ecolind.2013.03.005.

QCBS – Quebec Centre for Biodiversity Science 2022. **Workshop 10: Advanced Multivariate Analyses in R**. Disponível em <<http://r.qcbs.ca/workshop10/book-en/index.html>>. Acessado em 05/05/2022.

R Core Team (2024). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em <https://www.R-project.org/>.

ROCHA-CAMPOS, C. C.; CÂMARA, I. G.; PRETTO, D. J. (Org.). 2011. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos Aquáticos - Pequenos Cetáceos**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

ROCHA-CAMPOS, C. C.; DANILEWICZ, D. S.; SICILIANO, S.; DI BENEDITTO, A. P. M. (Eds.). 2010. **Toninha *Pontoporia blainvillei*: plano de ação nacional para**

**a conservação do pequeno cetáceo.** Brasília: ICMBio-Instituto Chico Mendes, MMA.

SANTOS, A.S. DOS, SOARES, L.S. E, MARCOVALDI, M.Â., MONTEIRO, D. DA S., GIFFONI, B., ALMEIDA, A. DE P. 2011. Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Caretta caretta* Linnaeus, 1758 no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 1(1), 3-11.

SCHOEMAN, R. P., PATTERSON-ABROLAT, C., & PLÖN, S. 2020. A Global Review of Vessel Collisions With Marine Animals. **Frontiers in Marine Science**, 7: 292. DOI: 10.3389/fmars.2020.00292

SPALDING, M. D., FOX, H. E., ALLEN, G. R., DAVIDSON, N., FERDAÑA, Z. A., FINLAYSON, M., HALPERN, B. S., JORGE, M. A., LOMBANA, A., LOURIE, S. A., MARTIN, K. D., MCMANUS, E., MOLNAR, J., RECCHIA, C. A., ROBERTSON, J. 2007. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. **BioScience**, 57(7), 573–583. <https://doi.org/10.1641/B570707>

STRUB, P.T., JAMES, C., COMBES, V., MATANO, R.P., PIOLA, A.R., PALMA, E.D., SARACENO, M., GUERRERO, R.A., FENCO, H., RUIZ-ETCHEVERRY, L.A., 2015. Altimeter-derived seasonal circulation on the southwest Atlantic shelf: 27°–43°S. **Journal of Geophysical Research: Oceans** 120, 3391–3418. DOI: 10.1002/2015JC010769

TAVARES, M.; OTT, P. H.; BORGES-MARTINS, M. 2023. Tracking marine tetrapod carcasses using a low-cost mixed methodology with GPS trackers, passive drifters and citizen science. **Methods in Ecology and Evolution**, 14(9), 2354–2361. DOI: 10.1111/2041-210X.14177

TREMBLAY, Y.; BERTRAND, S.; HENRY, R. W.; KAPPES, M. A.; COSTA, D. P.; SHAFFER, S. A. 2009. Analytical approaches to investigating seabird–environment interactions: a review. **Marine Ecology Progress Series**, 391, 153–163. DOI: 10.3354/meps08146

VÉLEZ-RUBIO, G. M.; CARDONA, L.; LÓPEZ-MENDILAHARSU, M.; MARTINEZ SOUZA, G.; CARRANZA, A.; CAMPOS, P.; GONZÁLEZ-PAREDES, D.; TOMÁS, J. Pre and post-settlement movements of juvenile green turtles in the Southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 501, p. 36–45, 1 abr. 2018.

VIRGILI, A., TEILLARD, V., DORÉMUS, G., DUNN, T. E., LARAN, S., LEWIS, M., LOUZAO, M., MARTÍNEZ-CEDEIRA, J., PETTEX, E., RUIZ, L., SAAVEDRA, C., SANTOS, M. B., VAN CANNEYT, O., VÁZQUEZ BONALES, J. A., RIDOUX, V. 2022. Deep ocean drivers better explain habitat preferences of sperm whales *Physeter macrocephalus* than beaked whales in the Bay of Biscay. **Scientific Reports**, 12(1), 9620. DOI: 10.1038/s41598-022-13546-x

WELLS, R. S.; ALLEN, J. B.; LOVEWELL, G.; GORZELANY, J.; DELYNN, R. E.; FAUQUIER, D. A.; BARROS, N. B. 2015. Carcass-recovery rates for resident bottlenose dolphins in Sarasota Bay, Florida. **Marine Mammal Science**, 31(1), 355–368. DOI:10.1111/mms.12142

WICKERT, J. C., VON EYE, S. M., OLIVEIRA, L. R., MORENO, I. B. 2016. Revalidation of *Tursiops gephyreus* Lahille, 1908 (Cetartiodactyla: Delphinidae)



from the southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Mammalogy**, 97(6), 1728–1737. DOI: 10.1093/jmammal/gyw139

WISNIEWSKA, D. M.; JOHNSON, M.; TEILMANN, J.; SIEBERT, U.; GALATIUS, A.; DIETZ, R.; MADSEN, P. T. 2018. High rates of vessel noise disrupt foraging in wild harbour porpoises (*Phocoena*). **Proc. R. Soc. B**, 285(1872), 20172314. DOI: 10.1098/rspb.2017.2314

## **6. HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA) E ORGANOHALOGENADOS**

### **6.1 INTRODUÇÃO**

O bem-estar da sociedade tem sido construído utilizando-se os serviços ecossistêmicos do planeta. Por exemplo, o atendimento à demanda crescente por energia e materiais diversos é alcançado por atividades antrópicas que causam a liberação, entre outras ameaças, de diversos contaminantes orgânicos de preocupação ambiental, que em última instância representam uma ameaça significativa à saúde e à biodiversidade dos oceanos (CANUEL *et al.*, 2012; RUDDIMAN, 2013).

Um dos resultados diretos da presença de contaminantes orgânicos no ambiente é sua concentração e subsequente acúmulo em tecidos de organismos marinhos, em um fenômeno conhecido como bioacumulação. Esse processo ocorre em duas etapas (bioconcentração e biomagnificação) e é influenciado por fatores como o nível de exposição, a capacidade de depuração metabólica dos organismos e as propriedades químicas dos contaminantes, entre outros. Além disso, os riscos ambientais também estão relacionados à toxicidade e à persistência destes contaminantes (NEFF, 2002).

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), por exemplo, são contaminantes de preocupação ambiental devido à sua grande produção, elevada persistência no meio ambiente e conhecidos efeitos tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos, com implicações sobre a saúde ambiental e humana (KALF *et al.*, 1997; LAW *et al.*, 1997; GOHLKE *et al.*, 2011; WICKLIFFE *et al.*, 2018). Os HPAs são compostos orgânicos formados por dois ou mais anéis aromáticos, cuja origem pode ser classificada como petrogênica ou pirogênica (VOLKMAN *et al.*, 1992; WANG *et al.*, 1999; BOEHM *et al.*, 2007). As fontes petrogênicas de HPAs estão associadas ao petróleo bruto e seus derivados, liberados no ambiente durante a exploração, transporte e processamento de petróleo. Esses compostos são introduzidos no oceano através de derramamentos acidentais, descargas de resíduos industriais e escoamento de águas contaminadas.

As fontes pirogênicas, por outro lado, derivam da combustão incompleta de materiais orgânicos, incluindo combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás natural, assim como biomassa vegetal (NRC, 2003). Essas fontes são responsáveis pela emissão de HPAs para a atmosfera, que posteriormente podem ser transportados e depositados no oceano por meio de precipitação atmosférica. A indústria do petróleo contribui significativamente para essas emissões, tanto pela queima de combustíveis fósseis em processos industriais, como pelo *flaring* (queima de gases) em plataformas offshore. A combinação das emissões petrogênicas e pirogênicas resulta em uma complexa interação de fontes de HPAs no ambiente marinho, com implicações importantes para a poluição dos oceanos e a saúde dos ecossistemas marinhos (SCHWARZENBACH *et al.*, 2006).

Os compostos organohalogenados englobam diversas categorias de contaminantes, como os bifenilos policlorados (PCBs), pesticidas organoclorados (DDT e metabólitos, soma HCH, drins totais, clordanas totais, endosulfan, metoxicloro e mirex) e retardantes de chama bromados (PBDE), conhecidas coletivamente como poluentes orgânicos persistentes (POPs). São compostos que também são considerados de preocupação ambiental, visto serem persistentes, tóxicos e bioacumulativos (SANGANYADO *et al.*, 2018). As fontes dos POPs são variadas: os PCBs foram amplamente utilizados em transformadores e capacitores elétricos; o DDT e outros pesticidas organoclorados eram empregados na agricultura e controle de vetores; os retardantes de chama ganharam popularidade como substituto ao amianto. Escoamento agrícola, descarga de efluentes industriais e municipais, e deposição atmosférica são as principais vias de introdução de POPs para os ambientes marinhos (CULLEN *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2019; SUN *et al.*, 2021; BARTALINI *et al.*, 2022).

Em termos de ‘destino ambiental’, os organohalogenados apresentam grande variação na volatilidade ( $K_{ar-água}$ ) mas, em geral, possuem grande hidrofobicidade (elevado  $K_{octanol-água}$ ), resultando em compostos com distribuição global e acúmulo em animais do topo da teia trófica (SCHWARZENBACH *et al.*, 2010). Entre os efeitos mais comuns sobre a biota relacionados à exposição a organohalogenados incluem-se observações sobre o sistema nervoso central humano, interferindo na condução dos impulsos nervosos tanto nos neurônios motores quanto nos



sensoriais. Isso pode resultar em uma série de disfunções e até mesmo em certos tipos de câncer (CULLEN *et al.*, 2019; YANG *et al.*, 2020).

A depuração de contaminantes, ou seja, a capacidade do organismo de metabolizá-los, varia conforme o nível trófico e a classe de contaminante. Por exemplo, para os organoclorados, como pesticidas e bifenilas policloradas (PCBs), as taxas de remoção são notoriamente baixas (HALL *et al.*, 2018). Isso resulta no aumento exponencial da concentração desses compostos nos tecidos dos animais ao longo da cadeia alimentar, caracterizando assim a efetiva biomagnificação em tetrápodes (ADAMO *et al.*, 1997; NEFF, 2002; TIAN *et al.*, 2023).

Em contrapartida, para os HPAs, observa-se que a capacidade de biotransformação ou metabolização aumenta com o nível na cadeia trófica. Portanto, no caso de exposição em condições semelhantes (biodisponibilidade e persistência), há uma tendência de menor acúmulo de HPAs em organismos conhecidos como "topo de cadeia" quando comparados aos organoclorados (MEADOR *et al.*, 1995; NEFF, 2002). A maior capacidade de metabolização de HPAs pelos tetrápodes marinhos, além de levar a um menor acúmulo em tecidos biológicos em comparação com POPs, também altera o perfil dos compostos encontrados nos tecidos biológicos, o que torna a identificação de fontes petrogênicas ou pirogênicas de HPAs com base em razões diagnósticas ainda mais complexas (NEFF, 2002)

O monitoramento de HPAs e organohalogenados pelo PMP-BS tem como objetivo geral avaliar os níveis de contaminação dos animais analisados e relacionar com o possível grau de exposição a múltiplos contaminantes orgânicos. Como objetivos específicos, são considerados os seguintes aspectos: (i) avaliar a existência espaço-temporal das concentrações de contaminantes orgânicos; (ii) avaliar possíveis relações entre a saúde dos animais e a concentração de contaminantes orgânicos, de acordo com seu hábitat; (iii) contribuir para a interpretação dos resultados de biomarcadores bioquímicos e moleculares, na avaliação de potenciais efeitos nas espécies de tetrápodes marinhos. Destaca-se que a avaliação de relações de causa-e-efeito entre contaminação e origem do contaminante não podem ser estabelecidas de forma inequívoca, visto que os tetrápodes possuem rotas migratórias e hábitos alimentares que extrapolam a área de abrangência do PMP-BS.

A coleta de amostras para análises de HPA e organohalogenados é feita durante a necropsia de carcaças frescas (código 2), que não receberam nenhum tipo de tratamento ou passaram por procedimentos veterinários. Foram coletadas 5.867 amostras para análises de HPA e no PMP-BS desde o início das atividades até o final do período de referência, ou seja, dezembro de 2023. Destas, 5.750 amostras foram analisadas pelo Laboratório de Química Orgânica Marinha (LabQomn), do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP), sob responsabilidade do Prof. Dr. Rafael André Lourenço. A partir de 08 de setembro de 2023, as amostras coletadas para análise de HPAs e organohalogenados do PMP-BS passaram a ser analisadas pelo Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais (LabMAM) da PUC-Rio, sob responsabilidade do Prof. Dr. Renato da Silva Carreira, subcontratado pela Mineral Engenharia e Meio Ambiente, que coordena o PMP-BS na Área SP. Desta forma, os resultados do período de referência (janeiro a dezembro de 2023) contemplam 516 amostras analisadas pela USP e 117 amostras analisadas pela PUC-Rio, totalizando 633 amostras.

O presente capítulo visa apresentar a ocorrência e distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e contaminantes orgânicos organohalogenados, em tecido hepático (TCH) (amostras de fígado) e tecido adiposo (TCA) (amostras de gordura) de tetrápodes marinhos do PMP-BS, cujos resultados foram obtidos no período de referência (janeiro/2023 a dezembro/2023). A avaliação inclui análises estatísticas quanto ao sexo, estágio de desenvolvimento, local e estatística temporal, contemplando os resultados pretéritos, obtidos desde o início da realização das análises de HPAs e organohalogenados no PMP-BS. No capítulo 6.2 é apresentada a metodologia adotada pela PUC-Rio. A metodologia empregada anteriormente pela USP encontra-se descrita nos relatórios anteriores elaborados por esta instituição.

## **6.2 Metodologia analítica**

Neste capítulo é apresentada a metodologia analítica utilizada no Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais, Departamento de Química da PUC-Rio, para o processamento de 117 amostras coletadas no ano de 2023. As amostras foram entregues no LabMAM congeladas (-80°C) juntamente com as

cadeias de custódia. A partir de então foram mantidas em ultrafreezer (-80°C) até o início das análises.

### **6.2.1 Extração**

A extração das amostras foi baseada no método USEPA 3540C. Foram pesados 0,250 g (precisão  $\pm 0,001$  g; peso úmido) de amostra de TCA ou TCH – nos laudos de análise, o código para TCH é FIG. As amostras foram secas quimicamente pela adição de 10 g de sulfato de sódio, e posteriormente acondicionadas em aparelho Soxhlet. Após adição do padrão sub-rogado (100 ng de *p*-terfenil- $d_{14}$  e 100 ng de PCB-103) às amostras, a extração foi realizada com 200 mL de mistura diclorometano:hexano (1:1), durante 8 horas. O volume do extrato bruto foi reduzido em evaporador rotatório com banho-maria a temperatura inferior a 40°C, e avolumado a 1 mL em balão volumétrico (USEPA 8290, adaptado de MAGALHÃES *et al.*, 2017).

O teor de umidade das amostras foi determinado por gravimetria. Uma alíquota com 0,25 mg (precisão de  $\pm 0,001$  g) de amostra foi transferida para um frasco de vidro previamente pesado em balança analítica, e mantida em estufa aberta na temperatura de 60°C até verificação de peso constante. A diferença de peso entre a massa da amostra úmida e a massa da amostra seca foi considerada como o teor de umidade, expresso como porcentagem em relação ao peso inicial (úmido) da amostra. Para a determinação do teor lipídico, uma alíquota de 0,1 mL do extrato bruto, após concentração a volume conhecido, foi transferida para um frasco de vidro previamente pesado em balança analítica. Após a evaporação total do solvente, em temperatura ambiente, cada frasco foi novamente pesado e a diferença de massa (resíduo) foi utilizada no cálculo do teor de lipídios em porcentagem (USEPA 8290, adaptado de MAGALHÃES *et al.*, 2017).

### **6.2.2 Purificação do extrato**

O extrato bruto restante da etapa 2.1. (i.e., 0,9 ml) foi purificado, inicialmente, por cromatografia de adsorção. Foi usada uma coluna de vidro (20 cm de altura  $\times$  8 mm de diâmetro interno) preenchida – da base para o topo, com auxílio de *n*-hexano – com 16 g de alumina e 8 g de sílica (ambas desativadas com 5% do peso proporcional de água), além de 1 g de sulfato de sódio. O extrato foi

cuidadosamente colocado no topo da coluna e a purificação se deu por eluição com 80 mL de solução diclorometano:hexano (1:1). O extrato purificado foi concentrado a 1 mL.

Em seguida, o excesso de lipídios ainda presente no extrato foi removido por cromatografia por exclusão de tamanho. Foi utilizado um cromatógrafo em fase líquida de alta eficiência (CLAE) equipado com um detector de UV/Visível e montado com uma pré-coluna Phenogel 03B-2090K0 Guard 10 µm, 50 × 7,8 mm conectada em série a uma coluna Phenogel 10µ, 100 Å, 22,5 × 250 mm. A eluição foi realizada com diclorometano, a um fluxo de 5 mL min<sup>-1</sup>. A fração eluída até 30 minutos foi descartada e a fração eluída entre 30 e 40 minutos foi coletada, em frasco descontaminado, para a análise de HPAs, pesticidas organoclorados, PCBs e PBDEs. A janela de tempo para coleta da fração de interesse foi estabelecida a partir da injeção de mistura de padrões e monitoramento do sinal. A fração recolhida foi concentrada em evaporador rotatório, avolumada a 1 mL e adicionada mistura de padrões internos para quantificação (HPAs: naftaleno-d<sub>8</sub>, acenafteno-d<sub>10</sub>, fenantreno-d<sub>10</sub>, criseno-d<sub>12</sub> e perileno-d<sub>12</sub>; PCBs/PBDEs: TCMX), cada um em concentração fixa igual a 100 ng mL<sup>-1</sup> no extrato final para injeção.

### 6.2.3 *Análise instrumental: HPAs*

A análise instrumental para os HPA seguiu o protocolo USEPA 8270E, que tem como base a cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). As condições instrumentais estão listadas na **Tabela 6.2-1**. A calibração do equipamento foi feita com curva analítica contendo 12 concentrações (0,50; 1,0; 2,0; 5,0; 10; 20; 50; 100; 200; 400; 1.000 e 2.000 ng mL<sup>-1</sup>) de solução contendo os 16 HPAs controlados pelo método – naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno) – além de dibenzotiofeno, perileno e benzo(e)pireno. Em cada solução da curva de calibração há ainda os padrões internos deuterados (naftaleno-d<sub>8</sub>, acenafteno-d<sub>10</sub>, fenantreno-d<sub>10</sub>, criseno-d<sub>12</sub> e perileno-d<sub>12</sub>), cada um em concentração fixa igual a 100 ng mL<sup>-1</sup>, nos quais a quantificação foi baseada. O método também inclui os seguintes compostos alquilados: 1-metil-naftaleno, 2-metilnaftaleno, C2 naftalenos, C3 naftalenos, C4

naftalenos, C1 fluorenos, C2 fluorenos, C3 fluorenos, C1 dibenzotiofenos, C2 dibenzotiofenos, C3 dibenzotiofenos, C1 (fenantrenos+antracenos), C2 (fenantrenos+antracenos), C3 (fenantrenos+antracenos), C4 (fenantrenos+antracenos), C1 (fluorantenos+pirenos), C2 (fluorantenos+pirenos), C1 crisenos e C2 crisenos. Os compostos alquilados foram identificados com base no perfil de compostos em uma amostra de petróleo e quantificados com base na curva do seu composto parental correspondente. No total, o método identifica e quantifica 37 HPAs individuais ou grupos de HPAs.

**Tabela 6.2-1** – Equipamentos e condições utilizadas pelo LabMAM da PUC-Rio para análise de HPA em TCA de tetrápodes marinhos oriundos do PMP-BS.

<b>Equipamento</b>	EM – Finnigan modelo ISQ
<b>Coluna</b>	CG – Finnigan modelo TraceGC J&W DB-5msMSD (30 m, 0,25 mm de DI e 0,25 µm de filme)
<b>Programa de temperatura</b>	50°C durante 5 min 50°C min <sup>-1</sup> até 80°C 6°C min <sup>-1</sup> até 280°C durante 20 min 12°C min <sup>-1</sup> até 305°C durante 10 min
<b>Gás de arraste</b>	hélio a 1,2 ml min <sup>-1</sup>
<b>Volume de Injeção</b>	1 µL

O limite de detecção do método foi determinado como sendo o triplo do desvio padrão do resultado analítico de cada HPA em sete replicatas de brancos de método. Já o limite de quantificação foi estabelecido como o menor ponto da curva de calibração dividido pela massa extraída.

Para verificar a precisão e exatidão das análises, foi realizado um controle de qualidade contendo um branco de método, um branco fortificado e uma matriz fortificada para cada lote de 10 amostras. Também foi analisado um material de referência certificado, seguindo os critérios de Wade e Cantillo (1994).

O branco de método foi usado para avaliar a existência de interferentes durante o processamento das amostras. Caso fossem detectados HPAs acima de três vezes o limite de quantificação da metodologia (2 ng/g para cada composto) em determinado lote, os resultados eram avaliados, e o lote reanalisado após identificação da origem da contaminação. Usualmente, apenas o naftaleno era identificado nestes brancos.

A amostra utilizada para controle de qualidade foi o Material de Referência do Padrão NIST *Standard Reference Material* (SEM) 1945 – *Organics in Whale Blubber*), composto por um homogeneizado de TCA subcutâneo (*blubber*) de uma baleia piloto (fêmea adulta) proveniente de encalhe em *Cape Cod*, Massachusetts (EUA), em setembro de 1991. O certificado de análise que acompanha a amostra contém os valores certificados e suas incertezas (Schantz *et al.*, 1995). A quantidade de SRM (*Standard Reference Material*®) utilizada nesta análise foi de 0,25 g. Os valores encontrados foram tabelados, e os cromatogramas de cada branco do lote encontram-se no **Apêndice 6 – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos e Organohalogenados**.

Em adição ao uso de SEM, foram também elaboradas amostras de matriz fortificada para HPAs, tanto de tecidos quanto de branco. Neste tipo de amostra, os compostos de interesse são adicionados em quantidades conhecidas. A matriz fortificada de tecido foi preparada com amostra de TCA de um espécime de albatroz-de-sobrancelha-negra (*T. melanophris*). A matriz fortificada de branco (branco fortificado) foi preparada com adição de 50 ng/g de cada HPA da solução de calibração. Nestas amostras fortificadas, cada batelada era aprovada se o valor obtido estivesse entre 45-120% (HPAs entre dois e seis anéis), e se o desvio-padrão para cada composto adicionado ficasse abaixo de 20% entre as réplicas. O aceite do controle de curva de calibração para cada batelada de amostras se dá quando o valor obtido estiver entre 80 e 120% do esperado.

Além desses controles analíticos, também foi adotado a avaliação do branco do sistema cromatográfico através da injeção de *n*-hexano no início de cada lote de análise e a cada 20 análises, a fim de verificar a presença de interferentes no sistema que comprometam a quantificação da amostra. Não foram observados interferentes.

Os resultados do conjunto de controles realizados para os HPAs estão apresentados em detalhes no **Apêndice 6**.

#### **6.2.4 Análise instrumental: PCBs e PBDEs**

A análise instrumental para os PCB e PBDE seguiu o protocolo USEPA 8270E, que tem como base a cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). As condições instrumentais estão listadas na **Tabela 6.2-2**. A



calibração do equipamento foi feita com curva analítica contendo nove concentrações (1,0; 5,0; 10; 20; 50; 80; 100; 150 e 200 ng mL<sup>-1</sup>) de solução contendo os seguintes PCBs – PCB 49, PCB 52, PCB 66, PCB77, PCB 81, PCB 95, PCB 101, PCB 110, PCB 114, PCB 118, PCB 123, PCB 138, PCB 141, PCB 149, PCB 151, PCB 153, PCB 156, PCB 157, PCB 169, PCB 174, PCB177, PCB 180, PCB 189, PCB 194, PCB 195 e PCB 206. Na mesma solução, e com a mesma concentração, também estão PBDE 28, PBDE 47, PBDE 99, PBDE 100, PBDE153, PBDE 154 e PBDE 183. Em cada solução da curva de calibração há ainda o padrão interno TCMX em concentração fixa igual a 100 ng mL<sup>-1</sup>, nos quais a quantificação foi baseada.

**Tabela 6.2-2** – Equipamentos e condições utilizadas pelo LabMAM da PUC-Rio para análise de PCBs e PBDEs em TCA de tetrápodes marinhos oriundos do PMP-BS.

<b>Equipamento</b>	EM – Finnigan modelo ISQ
<b>Coluna</b>	CG – Finnigan modelo TraceGC J&W DB-5msMSD (30 m, 0,25 mm de DI e 0,25 µm de filme)
<b>Programa de temperatura</b>	75°C durante 3 min 15°C min <sup>-1</sup> até 150°C 2°C min <sup>-1</sup> até 260°C 10°C min <sup>-1</sup> até 300°C durante 10 min
<b>Gás de arraste</b>	hélio a 1,2 ml min <sup>-1</sup>
<b>Volume de Injeção</b>	1 µL

O limite de detecção do método (LD) foi determinado como sendo o triplo do desvio padrão de sete replicatas de brancos de método. Já o limite de quantificação (LQ) foi estabelecido como o menor ponto da curva de calibração dividido pela massa extraída (elevado LQ ocorreu devido à baixa massa de amostra extraída).

Para verificar a precisão e exatidão das análises, foi realizado um controle de qualidade contendo um branco, um branco fortificado e uma matriz fortificada para cada lote de 10 amostras. Também foi analisado um material de referência certificado, seguindo os critérios de Wade e Cantillo (1994). O branco foi utilizado para determinar se as amostras foram contaminadas durante todo o processo analítico, sendo que os valores encontrados no branco foram descontados de todas as demais amostras.

O material de referência certificado utilizado neste trabalho foi o SRM 1945 (*Standard Reference Material 1945 – Organics in Whale Blubber*), composto por um homogeneizado de TCA subcutâneo (*blubber*) de uma baleia piloto (fêmea adulta) proveniente de encalhe em *Cape Cod*, Massachusetts (EUA), em setembro de 1991. O SRM 1945 foi obtido do NIST (*National Institute of Standards and Technology*) dos Estados Unidos. A quantidade de SRM utilizada nesta análise foi de 0,25 g. Os valores encontrados foram tabelados, e os cromatogramas de cada branco do lote encontram-se no **Apêndice 6**. Nas amostras fortificadas, cada batelada era aprovada se o valor obtido estivesse entre 40-120% (HPAs entre quatro e seis anéis), e se o desvio-padrão para cada composto adicionado ficasse abaixo de 20% entre as réplicas. O aceite do controle de curva de calibração para cada batelada de amostras se dá quando o valor obtido estiver entre 80 e 120% do esperado.

Além desses controles analíticos, também foi adotado a avaliação do branco do sistema cromatográfico através da injeção de *n*-hexano no início de cada lote de análise e a cada 20 análises, a fim de verificar a presença de interferentes no sistema que comprometam a quantificação da amostra. Não foram observados interferentes.

Os resultados do conjunto de controles realizados para os PCBs e PBDEs estão apresentados em detalhes no **Apêndice 6**.

### **6.2.5 Análise instrumental: pesticidas organoclorados**

A análise instrumental para os pesticidas seguiu o protocolo USEPA 8081E, que tem como base a cromatografia em fase gasosa com detector de captura de elétrons (CG-DCE). As condições instrumentais estão listadas na **Tabela 6.2-3**. A calibração do equipamento foi feita com curva de calibração com nove concentrações (1,0; 5,0; 10; 20; 50; 80; 100; 150 e 200 ng mL<sup>-1</sup>) de solução contendo os seguintes pesticidas – alfa-HCH, beta-HCH, gama-HCH, delta-HCH, aldrin, isodrin, deldrin, endrin, heptacloro, heptacloro epóxido A, heptacloro epóxido B, oxiclordana, gama-clordana, alfa-clordana, op'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT, p,p'-DDT, endosulfan I, endosulfan II, metoxicloro, mirex. A quantificação foi baseada na padronização interna, utilizando-se como padrão interno o TCMX em concentração fixa igual a 100 ng mL<sup>-1</sup>.



**Tabela 6.2-3** – Equipamentos e condições utilizadas pelo LabMAM da PUC-Rio para análise de pesticidas em TCA de tetrápodes marinhos oriundos do PMP-BS.

Equipamento	CG – DCE
Coluna	J&W DB-5MS (30 m; 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme)
Programa de temperatura	60°C durante 3 min 5°C min <sup>-1</sup> até 150°C durante 5 min 1°C min <sup>-1</sup> até 200°C 8°C min <sup>-1</sup> até 300°C durante 4,5 min
Gás de arraste	Hélio a 1,2 mL min <sup>-1</sup>
Volume de injeção	1 µL

Em cada solução da curva de calibração há ainda o padrão interno TCMX em concentração fixa igual a 100 ng mL<sup>-1</sup>, nos quais a quantificação foi baseada. O limite de detecção do método foi determinado como sendo o triplo do desvio padrão de sete replicatas de brancos de método. Já o limite de quantificação foi estabelecido como o menor ponto da curva de calibração dividido pela massa extraída.

O controle de qualidade do procedimento analítico envolveu a realização de dois brancos do método (análise de 10 g de sulfato de sódio) e de duas amostras fortificadas com padrões contendo os pesticidas usados na curva de calibração a cada lote de 10 amostras. Todos os compostos nas amostras de branco estiveram abaixo do limite de quantificação. Nas amostras fortificadas, cada batelada era aprovada se o valor obtido estivesse entre 60 e 120% do valor esperado. O critério de aceitação para a recuperação do padrão sub-rogado (PCB 103), adicionado no início da extração, fica entre 60 e 120%. Todas as amostras obtiveram recuperação satisfatória.

Assim como na análise de PCBs e PBDEs, foram utilizadas amostras de Material de Referência do Padrão NIST (SRM) 1945, como controle de qualidade para a análise de pesticidas. O critério de aceitação para a recuperação do padrão sub-rogado (PCB 103), é o mesmo utilizado para PCBs e PBDEs, adicionado no início da extração, ficando entre 60 e 120%. Os resultados se encontram no **Apêndice 6 – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos e Organohalogenados**.

## 6.3 Resultados

### 6.3.1 Quantitativo de amostras de tetrápodes analisadas em 2023

Este relatório traz os resultados de todos os animais coletados (data de necropsia) entre 1º de janeiro de 2023 e 31 de dezembro de 2023. A **Tabela 6.3-1** contém o registro detalhado do número de amostras de acordo com o tecido (TCA e TCH) que foram recebidas em 2023 no laboratório, separadas por classe e espécie.

Foram 243 amostras analisadas na Classe Aves, das seguintes espécies: *Anous stolidus*, *Calonectris diomedea borealis*, *Fregata magnificens*, *Larus dominicanus*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Procellaria cinerea*, *Procellaria aequinoctialis*, *Pterodroma mollis*, *Puffinus gravis*, *Puffinus puffinus*, *Spheniscus magellanicus*, *Sula leucogaster*, *Thalassarche chlororhynchos*, *Thalassarche melanophris*, *Thalasseus acutiflavus* e *Thalasseus maximus*. Do total de amostras, foram 228 de TCH e 15 de TCA, com destaque para as espécies *Spheniscus magellanicus* (Pinguim-de-magalhães, 162 TCH), *Larus dominicanus* (Gaivotão, 14 TCH e oito TCA, Gaivotão), seguida de *Fregata magnificens* (Fragata, oito TCH e quatro TCA) e *Phalacrocorax brasilianus* (Biguá, 10 TCH e três TCA).

Para a Classe Mammalia, foram 131 amostras, das espécies *Arctocephalus australis*, *Mesoplodon*, *Otaria flavescens*, *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*, *Stenella frontalis* e *Tursiops truncatus*. Deste total, foram 71 amostras de TCH e 60 amostras de TCA. As espécies *Pontoporia blainvillei* (Toninha, 45 TCH e 39 TCA) e *Sotalia guianensis* (Boto-cinza, 17 TCH e 14 TCA) foram as mais recorrentes.

A Classe Reptilia foi a mais abundante, com um total de 259 amostras analisadas no período, incluindo as espécies *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* e *Lepidochelys olivacea*. Ao contrário de Mammalia, aqui houve mais amostras de TCH (n = 170) do que TCA (n = 89), sendo a mais abundante a *Chelonia mydas* (Tartaruga-verde, 155 TCH e 78 TCA), seguida de *Caretta caretta* (Tartaruga-comum, 14 TCH e 10 TCA).

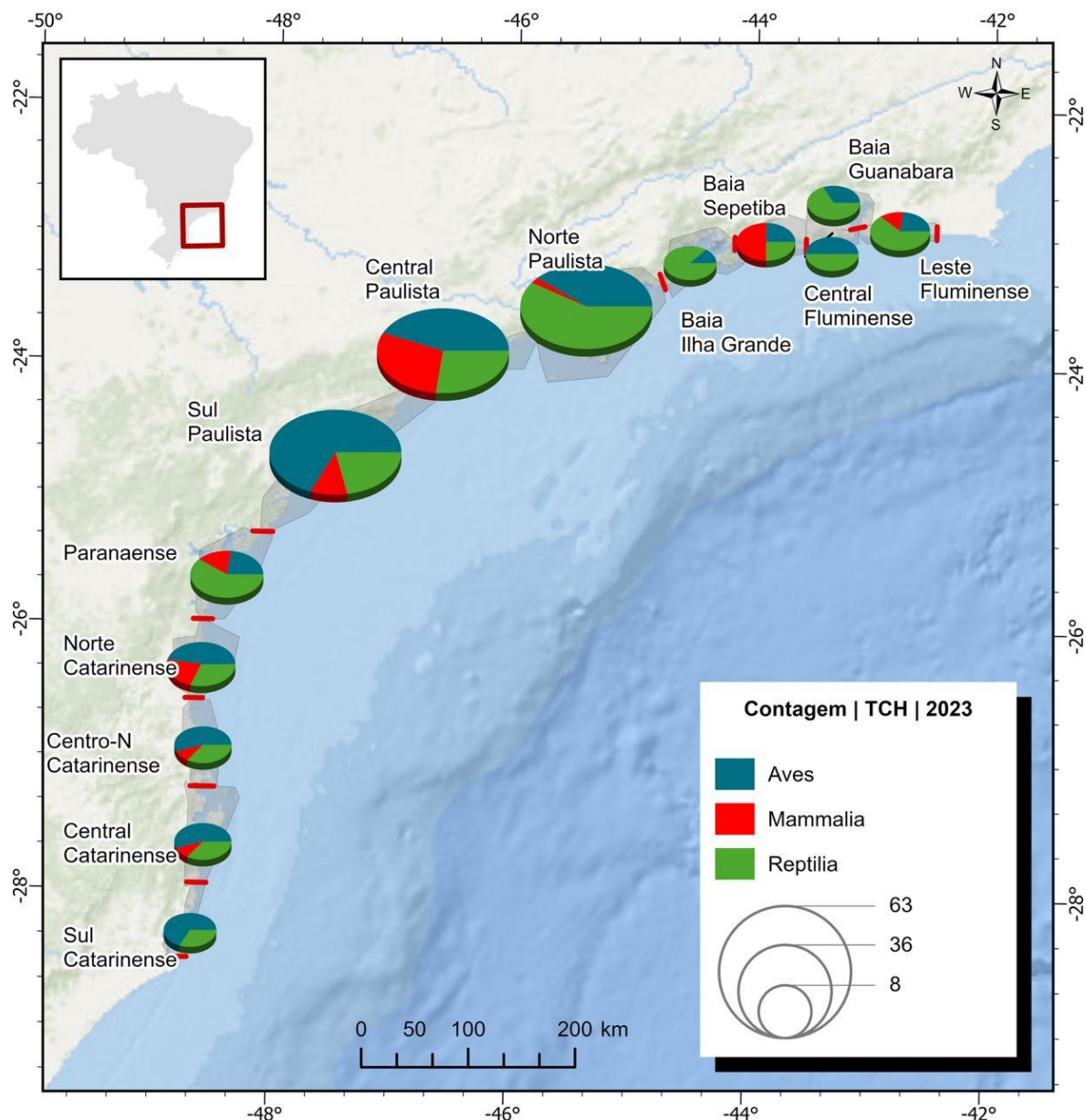
**Tabela 6.3-1 – Quantitativo (n) de amostras segundo a classe, espécie e tecido (TCA = tecido adiposo; TCH = tecido hepático) que tiveram amostras coletadas para análise de HPAs e organohalogenados ao longo de 2023 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	TCA	TCH	Total
Aves	<i>Anous stolidus</i>		1	1
	<i>Calonectris diomedea borealis</i>		2	2
	<i>Fregata magnificens</i>	4	8	12
	<i>Larus dominicanus</i>	8	14	22
	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	3	10	13
	<i>Procellari Cinerea</i>		1	1
	<i>Procellaria aequinoctialis</i>		3	3
	<i>Pterodroma mollis</i>		1	1
	<i>Puffinus gravis</i>		4	4
	<i>Puffinus puffinus</i>		6	6
	<i>Spheniscus magellanicus</i>		162	162
	<i>Sula leucogaster</i>		7	7
	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>		2	2
	<i>Thalassarche melanophris</i>		1	1
	<i>Thalasseus acutiflavus</i>		3	3
	<i>Thalasseus maximus</i>		3	3
Total Aves		15	228	243
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>		1	1
	<i>Mesoplodon</i>	1	1	2
	<i>Otaria flavescens</i>		1	1
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	39	45	84
	<i>Sotalia guianensis</i>	14	17	31
	<i>Stenella frontalis</i>	5	5	10
	<i>Tursiops truncatus</i>	1	1	2
Total Mammalia		60	71	131
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	10	14	24
	<i>Chelonia mydas</i>	78	155	233
	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	1	2
Total Reptilia		89	170	259
Total Geral		164	469	633

Os resultados da **Tabela 6.3-1** podem ser visualizados pelos histogramas de ocorrência de amostras por espécie em cada classe, apresentados na **Figura 6.3-1** para o TCA e **Figura 6.3-2** para o TCH.

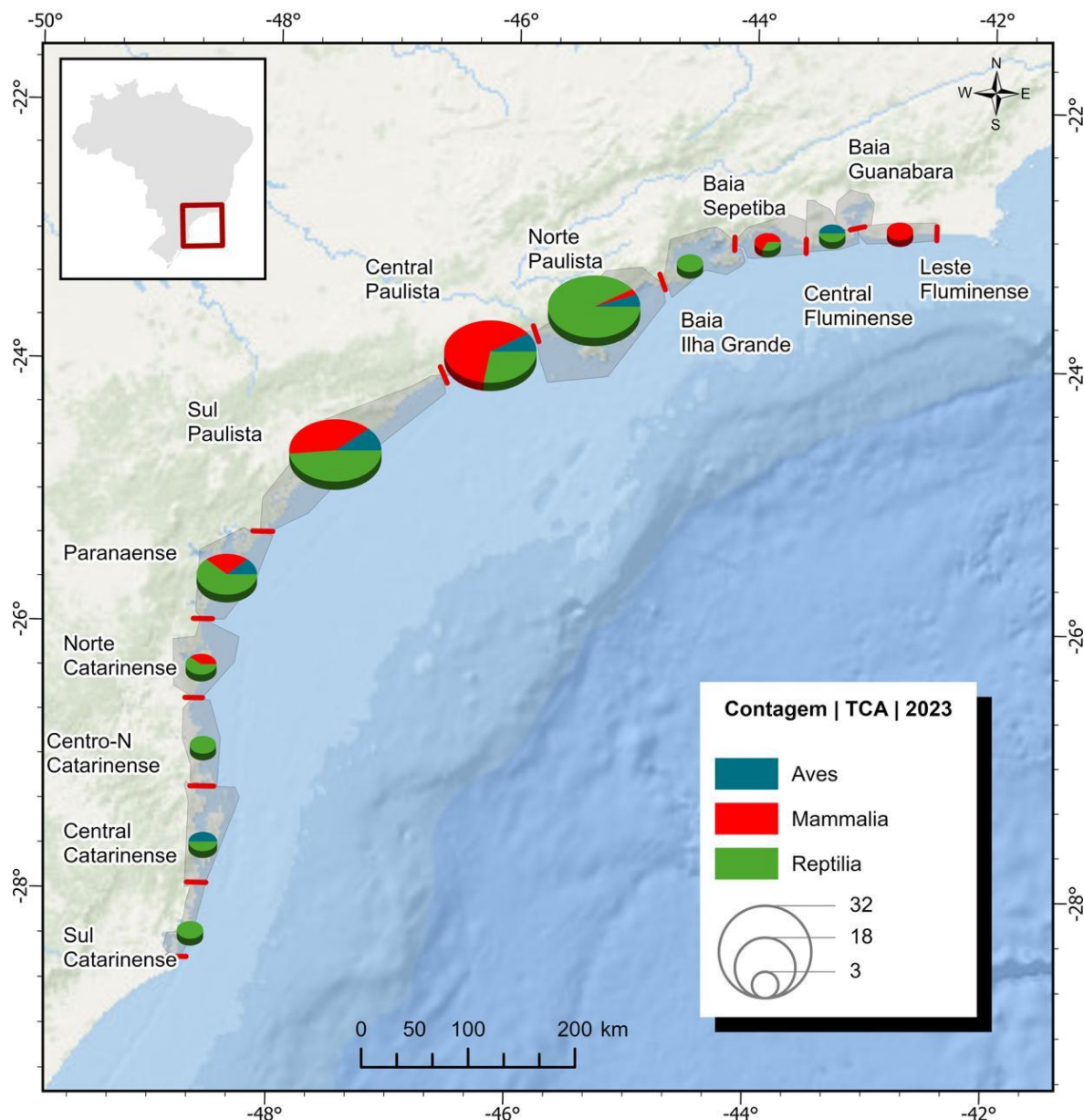
A **Figura 6.3-1** e a **Figura 6.3-2** trazem o quantitativo de amostras coletadas por cada classe (Aves, Mammalia e Reptilia) nas 13 mesorregiões definidas no Projeto Executivo do PMP-BS, respectivamente para TCH e TCA. Há um número mais elevado de amostras de TCH do que TCA, em função da menor disponibilidade de gordura nos animais usualmente bastante debilitados que são encontrados mortos nas praias ou em função do menor tamanho corporal, como em algumas espécies de aves. Observa-se, também, uma acentuada ocorrência de amostras de TCH (**Figura 6.3-1**) provenientes de indivíduos das classes Aves e Reptilia nas mesorregiões contempladas no estado de São Paulo (sul, central e norte paulista), com 156 amostras de *Spheniscus magellanicus* na Classe Aves, e 167 amostras da espécie *Chelonia mydas* entre os animais da Classe Reptilia. Nas mesorregiões dos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio de Janeiro, também há predominância de Aves e Reptilia, mas com uma ocorrência inferior ao observado no estado de São Paulo.

No caso de TCA, com uma baixa ocorrência em relação ao TCH, e baixa presença de amostras de Ave, pelos motivos citados acima, ainda se observa maior quantitativo de amostras no litoral de São Paulo. Nas mesorregiões Sul, Central e Centro-Norte do litoral catarinense não houve amostras de TCA de Mammalia, enquanto em dois setores do litoral do Rio de Janeiro (Baía Sepetiba e leste fluminense), os mamíferos prevalecerem em comparação a Aves e Reptilia (**Figura 6.3-2**).



**Figura 6.3-1** – Contagem de indivíduos com TCH coletado por mesorregião do PMP-BS no ano de 2023.





**Figura 6.3-2** – Contagem de indivíduos com TCA coletado por mesorregião do PMP-BS no ano de 2023.

### 6.3.2 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)

A **Tabela 6.3-2** traz o resumo dos resultados de HPAs para o período de referência, considerando-se os dois somatórios ( $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ) para esta categoria de contaminantes e separando-se por classe e espécie. Em primeiro lugar, há muito mais amostras de TCH do que TCA para todas as classes de tetrápodes e mesmo para um determinado tecido, o número de amostras para cada espécie varia significativamente. Esta variação no  $n$  amostral afeta diretamente as medidas de estatística central dos dados e limita comparações mais robustas entre

as espécies de uma classe, particularmente para aquelas com poucos indivíduos coletados, mesmo quando considerados os resultados obtidos desde o início do PMP-BS.

Foram analisadas 633 amostras no período de referência (ano 2023), em 400 delas (63,2%), todos os HPAs individuais estiveram abaixo do limite de detecção, sendo, portanto, ao menos um HPA detectado em 233 (36,8%) das amostras. As concentrações variaram de <LQ a 3.689 ng g<sup>-1</sup> em aves, de <LQ a 1.734 ng g<sup>-1</sup> em répteis e de <LQ a 725 ng g<sup>-1</sup> em mamíferos. Por exemplo, para a espécie *Anous stolidus* (trinta-réis-escuro), com apenas uma amostra coletada no ano de 2023, o valor de Σ16HPAs de 2.120 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para TCH, de uma a duas ordens de grandeza superior aos medidos em praticamente todas as demais amostras entre as Aves, pode não ser representativo do nível de contaminação desta classe na Bacia de Santos. Neste caso em particular, o perfil dos HPAs em *Anous stolidus* é dominado pelos HPAs entre dois e quatro anéis, com 58,7% dado pelo naftaleno, seguido de fenantreno, fluoranteno, seguido de pireno e criseno, além de C1-naftaleno.

**Tabela 6.3-2 – Resultados estatísticos de HPAs – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de HPAs em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Σ16HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)								Σ37HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)							
		n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%>LQ
Aves	<i>Anous stolidus</i>	1	2119	NA	2119	2119	2119	2119	2119	2159	NA	2159	2159	2159	2159	2159	0
Aves	<i>Calonectris diomedea borealis</i>	2	18,8	26,5	<LQ	37,5	18,8	9,38	28,1	18,8	26,5	<LQ	37,5	18,8	9,38	28,1	50
Aves	<i>Fregata magnificens</i>	8	11	16,8	<LQ	41,3	<LQ	<LQ	19,3	11	16,8	<LQ	41,3	<LQ	<LQ	19,3	37,5
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	14	81,7	232	<LQ	879	<LQ	<LQ	37	87,3	231	<LQ	879	<LQ	<LQ	58	42,9
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	10	1,13	3,56	<LQ	11,3	<LQ	<LQ	<LQ	1,13	3,56	<LQ	11,3	<LQ	<LQ	<LQ	10
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	3	7,76	13,4	<LQ	23,3	<LQ	<LQ	11,6	7,76	13,4	<LQ	23,3	<LQ	<LQ	11,6	33,3
Aves	<i>Procellaria cinerea</i>	1	101	NA	101	101	101	101	101	218	NA	218	218	218	218	218	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	100
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	4	158	158	<LQ	331	151	38,1	270	173	147	<LQ	331	181	83,3	270	75
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	6	84,8	121	<LQ	269	16,35	<LQ	163	155	228	<LQ	474	16,4	<LQ	324	50
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	162	124	444	<LQ	3689	<LQ	<LQ	<LQ	133	466	<LQ	3795	<LQ	<LQ	<LQ	22,8
Aves	<i>Sula leucogaster</i>	7	11	18,8	<LQ	40,3	<LQ	<LQ	18,4	11	18,8	<LQ	40,3	<LQ	<LQ	18,4	28,6
Aves	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	100
Aves	<i>Thalassarche melanophris</i>	1	97,2	NA	97,2	97,2	97,2	97,2	97,2	97,2	NA	97,2	97,2	97,2	97,2	97,2	0
Aves	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	100
Aves	<i>Thalasseus maximus</i>	3	102	133	<LQ	252	52,6	26,3	152	102	133	<LQ	252	52,6	26,3	152	66,7
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	211	NA	211	211	211	211	211	439	NA	439	439	439	439	439	0
Mammalia	<i>Mesoplodon</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	100
Mammalia	<i>Otaria flavescens</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	100
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	45	45,7	110,1	<LQ	700	<LQ	<LQ	48,5	68,5	143	<LQ	742	<LQ	<LQ	49,9	46,7
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	17	37,6	92,6	<LQ	386	<LQ	<LQ	36,6	52	122	<LQ	502	<LQ	<LQ	42,1	41,2



Classe	Espécie	Σ16HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)								Σ37HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)							
		n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%>LQ
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	5	163	227	<LQ	522	37,7	<LQ	254	208	319	<LQ	747	37,7	<LQ	254	60
Mammalia	<i>Tursiops truncatus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	100
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	14	146	459	<LQ	1734	<LQ	<LQ	43	165	497	<LQ	1870	<LQ	<LQ	43,5	42,9
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	155	58,6	160	<LQ	1382	<LQ	<LQ	51,7	83,3	195	<LQ	1623	<LQ	<LQ	101	40
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	67,8	NA	67,8	67,8	67,8	67,8	67,8	151	NA	151	151	151	151	151	0
TOTAL		469															

\* a média foi calculada considerando o valor zero para amostras com resultados <LQ.

**Tabela 6.3-3 – Resultados estatísticos de HPAs – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de HPAs em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

Classe	Espécie	Σ16HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)								Σ37HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)							
		n	Méd ia	DP	Mi n	Má x	Me d	Q1	Q3	Méd ia	DP	Mi n	Má x	Me d	Q1	Q3	%Ze ro
Aves	<i>Fregata magnificens</i>	4	29,0	35,8	<L Q	73,5	21,2	<L Q	50,1	39,2	53,9	<L Q	11,4	21,2	<L Q	60,3	50,0
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	8	8,59	16,0	<L Q	37,0	<L Q	<L Q	7,93	8,59	16,0	<L Q	37,0	<L Q	<L Q	7,93	25,0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	3	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<LQ	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	0,00
Mammalia	<i>Mesoplodon</i>	1	<L Q	NA	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<LQ	NA	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	0,00
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	39	37,2	49,2	<L Q	22,9	28,9	<L Q	54,6	70,2	12,0	<L Q	58,2	30,7	<L Q	89,0	56,4
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	14	73,0	19,4	<L Q	72,5	<L Q	<L Q	37,1	93,5	24,2	<L Q	88,6	<L Q	<L Q	37,1	35,7
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	5	6,88	15,4	<L Q	34,4	<L Q	<L Q	<L Q	6,88	15,4	<L Q	34,4	<L Q	<L Q	<L Q	20,0
Mammalia	<i>Tursiops truncatus</i>	1	<L Q	NA	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<LQ	NA	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	<L Q	0,00
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	10	11,4	28,6	<L Q	92,4	17,0	<L Q	63,5	132	31,6	<L Q	10,22	17,0	<L Q	69,6	50,0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	78	78,0	23,9	<L Q	15,04	<L Q	<L Q	51,1	111	26,7	<L Q	16,04	<L Q	<L Q	77,5	42,3
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	30,2	NA	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	NA	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	100
<b>Total</b>		<b>164</b>															

\* a média foi calculada considerando o valor zero para amostras com resultados <LQ.

### **Aves Marinhas – Tecido hepático (TCH)**

A espécie com maior número de amostras de TCH analisadas dentre as aves marinhas no período de referência foi a *Spheniscus magellanicus* (n = 162; Pinguim-de-magalhães), com média de Σ16HPAs de 124,0 ± 444 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), variando entre <LQ a 3.689 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido). O grande desvio-padrão sobre a média reflete a grande variabilidade entre os indivíduos desta espécie, visto que a mediana de concentração foi <LQ. Considerando-se o Σ37HPAs, o cenário é semelhante ao do Σ16HPAs, com média de 133 ± 466 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) e

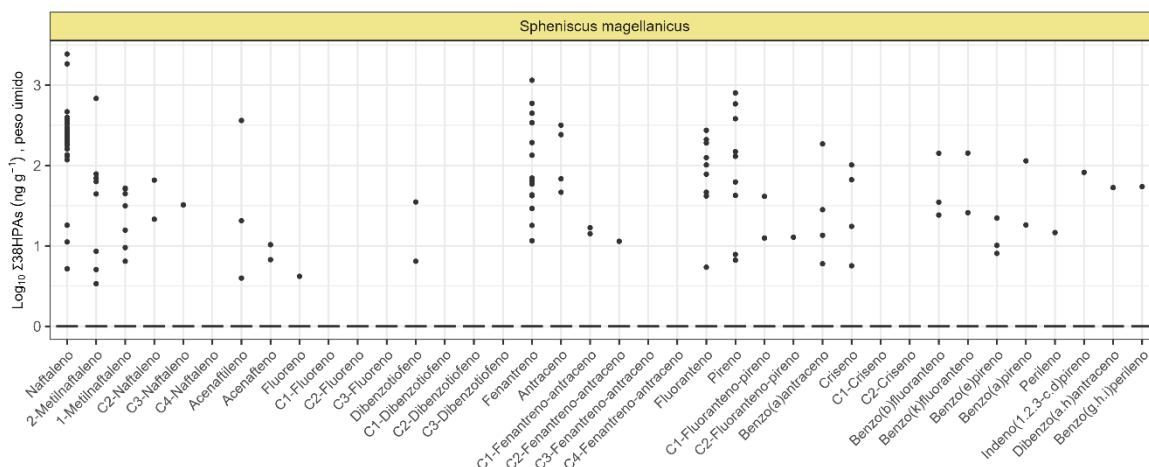
mediana menor que o limite de quantificação. A análise detalhada da ocorrência de HPAs em *Spheniscus magellanicus* revela que nove amostras tiveram níveis quantificáveis de HPAs, com destaque para duas amostras coletadas em maio/2023 no Litoral Norte catarinense ( $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$  com valores iguais a  $878,6 \text{ ng g}^{-1}$ ), além de outras três amostras com valores entre  $70,9$  e  $116 \text{ ng g}^{-1}$  ( $\Sigma 16\text{HPAs}$ ) e entre  $73,90$  e  $186,5 \text{ ng g}^{-1}$  ( $\Sigma 37\text{HPAs}$ ), coletadas nas mesorregiões Central e Centro-Norte Catarinense, e Sul Paulista, em fevereiro, março e junho/2023. O perfil de HPAs nestas amostras com concentrações mais elevadas é dominado em quase todas elas pelo naftaleno (50 a 100% de ocorrência), além de alguma contribuição de fenantreno e fluoranteno.

A espécie *Larus dominicanus* ( $n = 14$ ; Gaviotão), para TCH teve média de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  de  $81,7 \pm 232 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), os  $87,3 \pm 231$  para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$  (**Tabela 6.3-2**). Também para esta espécie, as concentrações medianas de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$  foram inferiores aos limites de quantificação. De fato, apenas em dois indivíduos os HPAs foram quantificados, em amostras coletadas em janeiro/2023 no litoral paranaense e no litoral Leste fluminense, mesmo assim apenas o naftaleno foi encontrado.

A terceira espécie de Aves em ocorrência no ano de 2023 foi a *Phalacrocorax brasilianus* ( $n = 10$ ; Biguá), com concentração média de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  de  $1,13 \pm 3,56 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), mas com mediana com valor  $< \text{LQ}$ . Estes são os mesmos valores registrados para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$  (**Tabela 6.3-2**).

Apenas um indivíduo apresentou HPAs, com naftaleno respondendo por 80,9% dos compostos, além da presença de fenantreno.

Os sete indivíduos da espécie *Sula leucogaster* (Atobá) apresentaram concentração média de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  de  $11,0 \pm 18,8 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) (amostra de TCH). Os atobás foram coletados nos meses de janeiro, fevereiro, março e maio de 2023, em diversas mesorregiões: Norte catarinense, litoral paranaense, Norte paulista, Baía de Sepetiba e Leste fluminense.



**Figura 6.3-3** – Histograma de ocorrência de HPAs no TCH dos 162 indivíduos de *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-magalhães) analisados no ano de 2023 pelo PMP-BS.

### **Aves Marinhas – Tecido adiposo (TCA)**

Apenas três espécies tiveram TCA coletado e analisado (Tabela 6.3-3). Para a *Fregata magnificens* (Fragata), com quatro amostras, a média de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foi de  $29,0 \pm 35,8 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), mas aqui também a mediana equivalente ao limite de quantificação. A concentração de  $\Sigma 37\text{HPAs}$  foi um pouco superior para esta espécie, com  $39,2 \pm 53,9 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), e mediana também igual ao LQ. Apenas um indivíduo apresentou HPAs ( $\Sigma 16\text{HPAs} = 73,50 \text{ ng g}^{-1}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs} = 114,30 \text{ ng g}^{-1}$ ), com naftaleno (36,4% do total) e contribuição importante de fluoranteno, pireno os alquilados C1- e C2-fenantreno+pireno. Este animal foi coletado em janeiro/2023, no litoral paranaense. Os dois exemplares da ave fragata foram coletados também em janeiro/2023, nos litorais Norte e Sul paulista.

Para a espécie *Larus dominicanus* (Gaivotão), com oito exemplares coletados em janeiro e março/2023, apenas dois indivíduos apresentaram HPAs, no caso apenas o naftaleno, com  $37,0 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido; Tabela 6.3-3) e mais três exemplares foram também coletados para TCA da espécie *Phalacrocorax brasilianus* (Biguá), mas nos dois casos não foram detectados HPAs.

### **Mamíferos Marinhos – Tecido hepático (TCH)**

Nesta classe, foram analisados animais de sete espécies (Tabela 6.3-2). O grande destaque é a ocorrência de 45 amostras de TCH da espécie *Pontoporia blainvillei* (Toninha), com média de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  igual a  $45,7 \pm 110,1 \text{ ng g}^{-1}$  (peso

úmido), mas com mediana equivalente ao limite de quantificação da metodologia. As concentrações do  $\Sigma 37\text{HPAs}$  foi um pouco superior, com  $68,5 \pm 143 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), mas também com mediana igual ao limite de quantificação da metodologia. As toninhas foram coletadas ao longo de todo o ano, especificamente nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro, sendo quase todas as amostras coletadas nas três mesorregiões do estado de São Paulo (sul e central paulista), exceto uma no Litoral Central catarinense. Em 23 amostras, nenhum HPA foi detectado. Em outras sete amostras, o naftaleno foi o único HPAs detectado, em concentrações na faixa entre 9,08 e  $75,9 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido). Numa amostra de abril/2023, o  $\Sigma 16\text{HPAs}$  e o  $\Sigma 37\text{HPAs}$  tiveram o mesmo valor, de  $68,10 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido). Já em 12 amostras de toninhas coletadas entre outubro e dezembro/2011, a concentração média do  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foi de  $76,9 \pm 61,91 \text{ ng g}^{-1}$ , muito semelhante ao valor mediano, de  $72,93 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido); para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$ , as concentrações foram mais altas, de  $159,4 \pm 144,4 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e mediana de  $133,6 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido). Nestas amostras de toninhas coletadas no final do ano, o naftaleno esteve presente em baixas concentrações (inferior a 10%), e fenantreno (parental e alquilados), fluoranteno e pireno (parentais e alquilados), benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(e)pireno e benzo(a)pireno frequentemente mensurados nas amostras de TCH.

A espécie *Sotalia guianensis* (Boto-cinza), com 17 amostras de TCH, foi a segunda espécie mais abundante em 2023. As amostras de boto-cinza foram coletadas em vários meses ao longo do ano, desde o Litoral Norte catarinense e passando pelas mesorregiões paranaense, sul, central e norte paulista, Baía da Ilha Grande e Baía de Sepetiba. A concentração média do  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foi de  $37,6 \pm 92,6 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), e para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ,  $52 \pm 122 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido). Em ambos os casos, no entanto, a mediana de concentração no TCH da espécie *Sotalia guianensis* foi equivalente ao limite de quantificação da metodologia (**Tabela 6.3-2**). Em seis das 17 amostras desta espécie foram detectados HPAs, sendo que em quatro delas apenas o naftaleno foi encontrado e em uma única amostra foram medidos valores altos de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  ( $385 \text{ ng g}^{-1}$ ) e de  $\Sigma 37\text{HPAs}$  ( $502 \text{ ng g}^{-1}$ ), na qual houve predomínio de HPAs entre quatro e seis anéis aromáticos.

A outra espécie com mais de um registro foi a *Stenella frontalis* (Golfinho-pintado-do-atlântico), com cinco amostras de TCH (Tabela 6.3-2). A concentração média do  $\Sigma 16\text{HPAs}$  para esta espécie foi de  $163 \pm 227 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), e com mediana menor que o limite de quantificação. Para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$ , as concentrações média e mediana foram, respectivamente,  $208 \pm 319 \text{ ng g}^{-1}$  e com mediana menor que o limite de quantificação. Os animais foram coletados nos meses de fevereiro, março, maio e dezembro de 2023, todos no litoral de São Paulo (mesorregiões sul e central).

### **Mamíferos Marinhos – Tecido adiposo (TCA)**

As amostras de TCA foram coletadas em cinco espécies, duas espécies a menos que amostral obtido para o TCH, ou seja, 39 amostras de *Pontoporia blainvillei*, 14 de *Sotalia guianensis*, 5 de *Stenella frontalis* e 1 de *Tursiops truncatus* (Tabela 6.3-3).

Para *P. blainvillei*, a concentração média de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foi de  $37,2 \pm 49,2 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), com mediana apresentando valor menor que o limite de quantificação (peso úmido) maiores concentrações foram medidas para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$ , com média de  $70,2 \pm 120 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e mediana também abaixo do limite de quantificação (peso úmido; Tabela 6.3-3) – detalhes sobre meses e locais de coleta foram apresentados para os resultados de HPAs em TCH de *P. blainvillei*. Um total de 69,2% dos 39 indivíduos coletados não teve nenhum HPA detectado. Portanto, em 12 indivíduos com pelo menos um HPA acima do limite de quantificação, o naftaleno respondeu por 100% da concentração total em sete amostras, sendo nas demais foram encontrados naftaleno e C1 a C3-naftaleno como os HPAs principais, assim como contribuições menores de acenaftileno, fluoreno, fenantreno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(a)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(e)pireno e benzo(a)pireno em boa parte das amostras. A presença dos compostos alquilados de naftalenos explica as concentrações maiores de  $\Sigma 37\text{HPAs}$  em relação ao  $\Sigma 16\text{HPAs}$ .

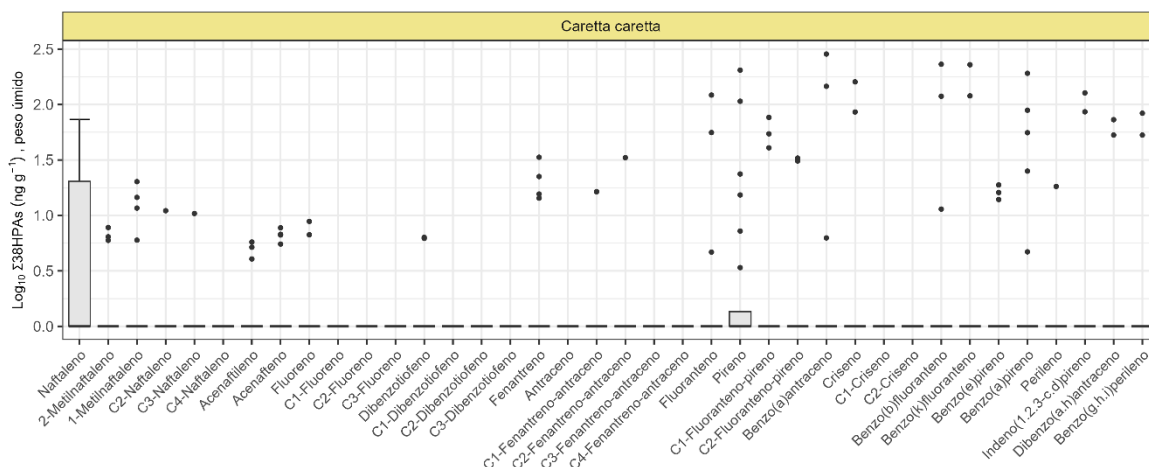
Para *Sotalia guianensis*, com 14 amostras de TCA, a média do  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foi de  $73 \pm 194 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), mas com mediana inferior ao limite de quantificação da metodologia (Tabela 6.3-3). As concentrações do  $\Sigma 37\text{HPAs}$  em *S. guianensis* foi um pouco superior à do  $\Sigma 16\text{HPAs}$ , com média de  $93,5 \pm 242 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido),

mas também com mediana inferior ao limite de quantificação da metodologia. Assim, de todas as amostras com HPAs acima do limite de quantificação, o naftaleno foi o único composto quantificado em duas amostras, e em outras duas amostras com concentrações mais elevadas de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  (180 e 725 ng g<sup>-1</sup>) e  $\Sigma 37\text{HPAs}$  (306 e 885 ng g<sup>-1</sup>), coletadas nos meses 10 e 12 de 2023 na Baía de Sepetiba e Litoral Norte catarinense, as distribuições de HPAs individuais é incomum, com uma tendo maiores valores para pireno e C1-fluoranteno+pireno, e outra com alquilados de naftaleno (mas, sem naftaleno), além de dibenzo(a,h)antraceno e benzo(ghi)perileno.

### ***Tartarugas-marinhas – Tecido hepático (TCH)***

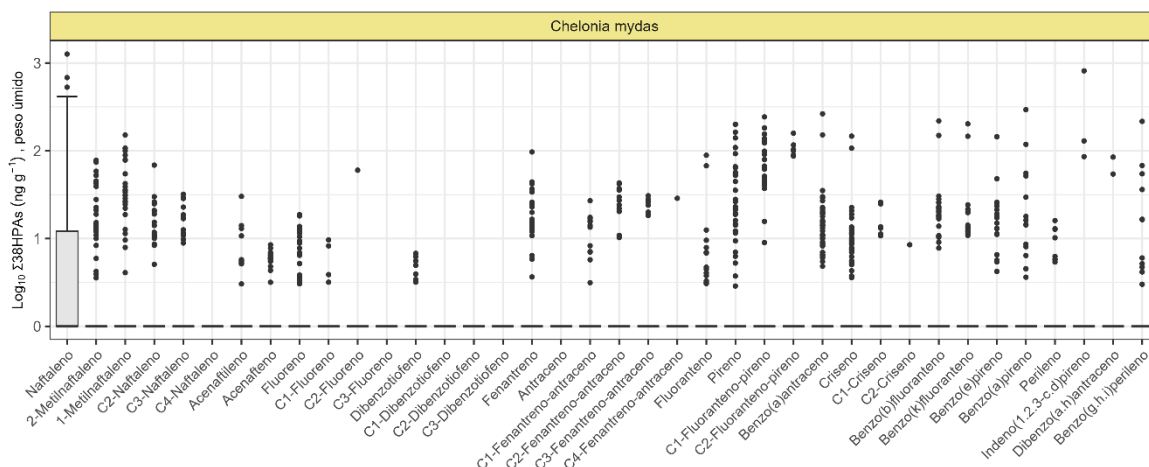
Nesta classe, apenas duas espécies, *Chelonia mydas* (n = 155) e *Caretta caretta* (n = 14) tiveram mais de uma amostra de TCH analisadas (a espécie *Lepidochelys olivacea* teve uma amostra coletada). No caso de *C. caretta*, as concentrações do  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foram bem superiores às medidas em Aves e Mammalia (excetuando a amostra única da ave *A. stolidus*), com média de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  igual a  $146 \pm 459$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) e mediana de menor que o limite de quantificação (peso úmido), e com média de  $\Sigma 37\text{HPAs}$  de  $165 \pm 497$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), e mediana também menor que o limite de quantificação (peso úmido). As amostras de *C. caretta* foram coletadas em janeiro, abril, junho, setembro e outubro de 2023, nas três mesorregiões do estado de São Paulo. Em duas amostras, não foi detectado nenhum HPA. Em algumas amostras, o naftaleno contribuiu com 100% e, em uma outra, com 74,2% do total de HPAs. Em outras três amostras, as concentrações de HPAs no TCH de *C. caretta* são de 157, 690 e 1.734 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para  $\Sigma 16\text{HPAs}$  e de 288, 741 e 1.870 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para  $\Sigma 37\text{HPAs}$ . Nestas três amostras com concentrações mais elevadas, o perfil é dominado por HPAs entre quatro e seis anéis (**Figura 6.3-4**).





**Figura 6.3-4** – Histograma de ocorrência de HPAs no TCH para o conjunto de três indivíduos de *Caretta caretta* (tartaruga-comum) entre os 24 indivíduos coletados no ano de 2023 pelo PMP-BS. Valores medianos (barras), 1º e 3º percentis (caixas), min/máx. (traços) e extremos (pontos).

Ainda sobre HPAs em TCH, houve um número significativo de amostras ( $n = 155$ ) de *Chelonia mydas*, com média de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  de  $58,6 \pm 160 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e mediana, abaixo do limite de quantificação (peso úmido). Para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$ , a média foi de  $83,3 \pm 195 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e mediana numericamente igual à do  $\Sigma 16\text{HPAs}$  (Tabela 6.3-2). As amostras de *C. mydas* foram coletadas em quase todos os meses do ano de 2023, com a maioria das amostras coletadas nas mesorregiões do estado de São Paulo, mas com registros também no Rio de Janeiro e alguns casos em Santa Catarina e no Paraná. Entre setembro e dezembro/2023 foram coletadas 40 amostras de TCH de *C. mydas*, e para este conjunto a média e mediana de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foram, respectivamente, de  $78 \pm 239 \text{ ng g}^{-1}$  e limite de quantificação, e para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$ , média de  $111 \pm 267 \text{ ng g}^{-1}$  e com mediana dentro dos valores do limite de quantificação (todos valores em peso úmido). Os histogramas de HPAs para estas amostras (Figura 6.3-5) revela a presença de naftaleno e seus alquilados C1 (1-metil mais 2-metil)-naftaleno e outros HPAs de quatro a seis anéis entre pireno e benzo(e)pireno.



**Figura 6.3-5** – Histograma de ocorrência de HPAs no TCH para 233 amostras de *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) coletadas entre setembro e dezembro de 2023 pelo PMP-BS.

### **Tartarugas-marinhas – Tecido adiposo (TCA)**

Foram coletadas 10 amostras de TCA para *C. caretta*, mas para *C. mydas* foram 78 amostras. A concentração média de Σ16HPAs em TCA para *C. caretta* foi de  $114 \pm 286 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), com mediana menor que o limite de quantificação (peso úmido); para o Σ37HPAs, média de  $132 \pm 316 \text{ ng g}^{-1}$  e mediana menor que o limite de quantificação (peso úmido; Tabela 6.3-3). Em quatro das 62 amostras de TCA da espécie *C. caretta*, nenhum HPA foi detectado; nas amostras restantes, as concentrações giram em torno de 34,0 a  $73,4 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) para Σ16HPAs e entre 34,04 e  $131 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) para Σ37HPAs. Mas, em uma outra amostra, os valores chegam a 924 e  $1.022 \text{ ng g}^{-1}$  para Σ16HPAs e Σ37HPAs, respectivamente. Esta amostra foi coletada no mês de 26 de setembro de 2023, no Litoral Sul paulista, e seu perfil é dominado por HPAs com quatro a seis anéis aromáticos, particularmente fluoranteno/pireno e seus alquilados, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno e dibenzo(a,h)antraceno.

Para a espécie *Chelonia mydas*, com 78 amostras de TCA, as concentrações médias de Σ16HPAs foram de  $78 \pm 239 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), e para Σ37HPAs,  $111 \pm 267$  respectivamente. Em 57,7% destas amostras (n=45), nenhum HPA foi detectado. Nos restantes, o perfil dos HPAs é semelhante ao observado para o TCH, ou seja, presença de naftaleno + alquilados e outros HPAs de quatro a seis anéis entre pireno e benzo(e)pireno.

### 6.3.3 PCB e PBDE

Os resultados são apresentados de forma resumida (estatística básica) para bifenilas policloradas (PCBs) na **Tabela 6.3-4** (TCH) e **Tabela 6.3-5** (TCA), e para éteres difenilos polibromados (PBDEs) na **Tabela 6.3-6** (TCH) e **Tabela 6.3-7** (TCA). As informações básicas sobre número de amostras por tecido para as espécies de tetrápodes, o período e mesorregião nos quais as amostras foram coletadas já foram apresentadas na seção 6.3.2 – HPAs, não sendo aqui repetidos.

#### **PCBs em Aves, Mamíferos e Tartarugas-marinhas**

Entre as 12 amostras de TCH das oito espécies de Aves analisadas no período de referência, os PCBs foram detectados em apenas uma amostra de *Phalacrocorax brasilianus* (biguá) e uma de *Spheniscus magellanicus* (pinguim-de-magalhães) (**Tabela 6.3-4**). O valor de 328 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) foi medido no biguá coletado em junho/2023 no Litoral Central catarinense, e foram detectados 1.789 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) no pinguim-de-magalhães coletado no Litoral Sul catarinense. Não houve amostras de TCA de Aves analisadas para o período de referência.

Entre as 16 amostras de TCH de quatro espécies de Mammalia analisadas no período de referência, os PCBs foram detectados em três de *Pontoporia blainvillei*, uma de *Sotalia guianensis* e uma de *Stenella frontalis*. Não foram detectados PCBs na amostra da espécie *Arctocephalus australis*. *Pontoporia blainvillei* (n = 12) teve a média de  $\sum$ PCBs foi de 30,1 ± 63 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), mas com mediana equivalente ao limite de quantificação (**Tabela 6.3-4**). Este valor médio refere-se às concentrações de quatro amostras de *P. blainvillei* coletadas em outubro e novembro no Litoral Sul e Litoral Central paulista. Houve 16 amostras de TCA de Mammalia analisadas para o período de referência, tendo sido detectado PCBs em amostras da espécie *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis* e na única amostra de *Stenella frontalis*.

Foram analisadas 46 amostras de TCH e 23 de TCA em Reptilia. Em *Chelonia mydas* (n = 61 entre 69 amostras), ao menos um PCB foi detectado em 20 indivíduos. Entre estas amostras, o PCB189 foi detectado em cinco delas, provenientes do Leste Fluminense e Norte Paulista, e em outras 11 apenas o PCB 195 esteve acima do limite de quantificação, neste caso para amostras oriundas do

Litoral Central paulista até o Sul-catarinense. Ainda sobre *C.mydas*, no TCA a média do  $\sum$ PCBs foi de  $129 \pm 424 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), mas com mediana equivalente ao limite de quantificação da metodologia (**Tabela 6.3-5**).

**Tabela 6.3-4 – Resultados estatísticos de PCBs – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de PCBs em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ PCBs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%>LQ
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1	328	NA	328	328	328	328	328	0
Aves	<i>Procellari cinerea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	447	894	<LQ	1789	<LQ	<LQ	447	25
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	100
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	30,1	63	<LQ	201	<LQ	<LQ	13,5	25
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	138	195	<LQ	275	138	68,9	207	50
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	899	NA	899	899	899	899	899	0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	144	184	<LQ	351	80,2	40,1	216	66,7
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	42	55,2	131	<LQ	788	<LQ	<LQ	80,9	35,7
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	228	NA	228	228	228	228	228	0
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>								

**Tabela 6.3-5– Resultados estatísticos de PCBs – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de PCBs em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

ΣPCBs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	187	325	<LQ	562	<LQ	<LQ	281	66,7
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	19	129	424	<LQ	1789	<LQ	<LQ	<LQ	78,9
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	217	665	<LQ	2311	<LQ	<LQ	<LQ	83,3
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
TOTAL		38								

### ***PBDEs em Aves, Mamíferos e Tartarugas-marinhas***

Foram analisadas no período de referência 74 amostras de TCH e 38 de TCA para aves, mamíferos e tartarugas-marinhas. Para os éteres bifenilos polibromados, nenhum composto desta categoria foi encontrado acima do limite de quantificação nas amostras de Aves, de Mammalia e de Reptilia, tanto para TCH (**Tabela 6.3-6**) quanto TCA, no período de referência (**Tabela 6.3-7**).



**Tabela 6.3-6 – Resultados estatísticos de PBDEs – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de PBDEs em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ PCBs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%>LQ
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellari cinerea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	42	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>								

**Tabela 6.3-7** – Resultados estatísticos de PBDEs – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de PBDEs em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.

$\Sigma$ PCBs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	19	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
TOTAL		38								

### 6.3.4 Pesticidas organoclorados

No PMP-BS são considerados os seguintes pesticidas organoclorados: DDTs totais, soma de HCH, drins totais, clordanas totais, endosulfan, metoxicloro e mirex nas amostras de Aves, Mammalia e Reptilia, tanto para TCH como para TCA.

Foram analisadas no período de referência 74 amostras de TCH e 38 de TCA para aves, mamíferos e tartarugas-marinhas. O DDT (o,p'-DDT e p,p'-DDT) e seus metabólitos (p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD) foram os POPs mais recorrentes entre os pesticidas organoclorados, com registro em três das 15 espécies analisadas no período de referência, sendo elas *Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis* e *Chelonia mydas* (**Tabela 6.3-8**). O destaque é para *Sotalia guianensis* (n = 2), com 50% das amostras de TCH acima do LQ.

Para o TCA das amostras estudadas, observa-se que entre as Aves, todas as amostras de *Fregata magnificens*, *Larus dominicanus*, *Phalacrocorax brasilianus* e *Sula leucogaster* tiveram valores abaixo do LQ. O mesmo perfil se observou para amostras de répteis, com todas as amostras de *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* e *Lepidochelys olivacea* apresentando valores abaixo de LQ. Já para os mamíferos, a espécie *Sotalia guianensis* (n = 2) apresentou valores de contaminação, onde os valores obtidos de média foram  $12,7 \pm 17,9$  ng g<sup>-1</sup>, com faixa de <LQ a 25,4 ng g<sup>-1</sup>, em peso úmido (**Tabela 6.3-9**).

A análise dos dados da **Tabela 6.3-10** revela que todas as amostras de Aves, mamíferos e répteis (TCH) apresentaram concentrações de DRINs (dieldrin, aldrin,

endrin e endrin aldeído) abaixo do limite de quantificação (**Tabela 6.3-10**) Já para o TCA, somente amostras de espécie *Sotalia guianensis* apresentaram média de  $12,7 \pm 17,9 \text{ ng g}^{-1}$  (**Tabela 6.3-11**).

Considerando os resultados encontrados para os compostos clordanas totais (**Tabela 6.3-12 e Tabela 6.3-13**), endosulfans (**Tabela 6.3-14 e Tabela 6.3-15**) e metoxicloro (**Tabela 6.3-16 e Tabela 6.3-17**), todas as espécies apresentaram valores abaixo do limite de quantificação tanto no TCH, quanto no adiposo, exceto para clordanas em *Chelonia mydas* e *Lepidochelys olivacea* com médias 0,20 e 75,9, respectivamente.

Para o pesticida Mirex, em TCH, todas as amostras de aves e répteis analisadas demonstraram valores abaixo do LQ. Enquanto isso, a espécie de TCH de *Sotalia guianensis* apresentou uma média de  $5,44 \pm 7,69 \text{ ng g}^{-1}$ , variando de <LQ a  $10,87 \text{ ng g}^{-1}$ , com 50% das amostras abaixo do LQ (**Tabela 6.3-18**). Em se tratando do TCA, das espécies analisadas, somente *Chelonia mydas* mostrou uma média de mirex  $0,84 \text{ ng g}^{-1}$ , com um desvio padrão de  $3,67 \text{ ng g}^{-1}$  e um valor máximo de  $16,0 \text{ ng g}^{-1}$ , com 94,7% abaixo do LQ (**Tabela 6.3-19**).

**Tabela 6.3-8 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ DDTs – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de DDTs em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ DDTs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellari cinerea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	2,16	<LQ	7,48	<LQ	<LQ	<LQ	8,33
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	7,93	11,2	<LQ	15,9	7,93	3,96	11, 9	50
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	100
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	42	3,18	11,3	<LQ	62,2	<LQ	<LQ	<LQ	9,52
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>								

**Tabela 6.3-9 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ DDTs – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de DDTs em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ DDTs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	19	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	12,7	17,9	<LQ	25,4	12,7	6,34	19,0	50
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>								

**Tabela 6.3-10 – Resultados estatísticos de Drins totais – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Drins em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ DRINs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellari cinerea</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	42	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>								

**Tabela 6.3-11 – Resultados estatísticos de Drins totais – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Drins em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ DDTs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	19	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	12,7	17,9	<LQ	25,7	12,7	6,34	19,7	50
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>								

**Tabela 6.3-12 – Resultados estatísticos de clordanas totais – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Clordanas em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ CLORDANAS (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellari cinerea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	42	0,20	1,27	<LQ	8,25	<LQ	<LQ	<LQ	2,38
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	75,9	NA	75,9	75,9	75,9	75,9	75,9	99
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>								

**Tabela 6.3-13 – Resultados estatísticos de clordanas totais – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Clordanas em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ CLORDANAS (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	19	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>								

**Tabela 6.3-14 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ endossulfans – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Endossulfans em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ ENDOSULFANS (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellari cinerea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	42	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>								

**Tabela 6.3-15 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ Endosulfans – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Endosulfans em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ ENDOSULFANS (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	19	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>								

**Tabela 6.3-16 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ metoxicloro – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Metoxicloro em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ METOXICLORO (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellari cinerea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	42	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>								



**Tabela 6.3-17 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ metoxicloro – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Metoxicloro em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ METOXICLORO (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%<LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	19	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>								

**Tabela 6.3-18 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ mirex – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Mirex em TCH para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ MIREX (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%>LQ
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellari cinerea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Pterodroma mollis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Puffinus puffinus</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Aves	<i>Spheniscus magellanicus</i>	4	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Arctocephalus australis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	5,44	7,69	<LQ	10,87	5,44	2,72	8,15	50
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	42	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>								

**Tabela 6.3-19 – Resultados estatísticos de  $\Sigma$ mirex – média, desvio-padrão (DP), mínimo (Mín), máximo (Máx), 1º quartil (Q1), 3º quartil (Q3) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) – de Mirex em TCA para as amostras de Aves, Mammalia e Reptilia analisadas no ano de 2023 pelo PMP-BS.**

$\Sigma$ MIREX (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)										
Classe	Espécie	n	Média	DP	Min	Máx	Med	Q1	Q3	%>LQ
Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	3	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Reptilia	<i>Chelonia mydas</i>	19	0,84	3,67	<LQ	16,0	<LQ	<LQ	<LQ	5,26
Reptilia	<i>Lepidochelys olivacea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Pontoporia blainvillei</i>	12	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Sotalia guianensis</i>	2	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
Mammalia	<i>Stenella frontalis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0
TOTAL		38								

## 6.4 Discussão

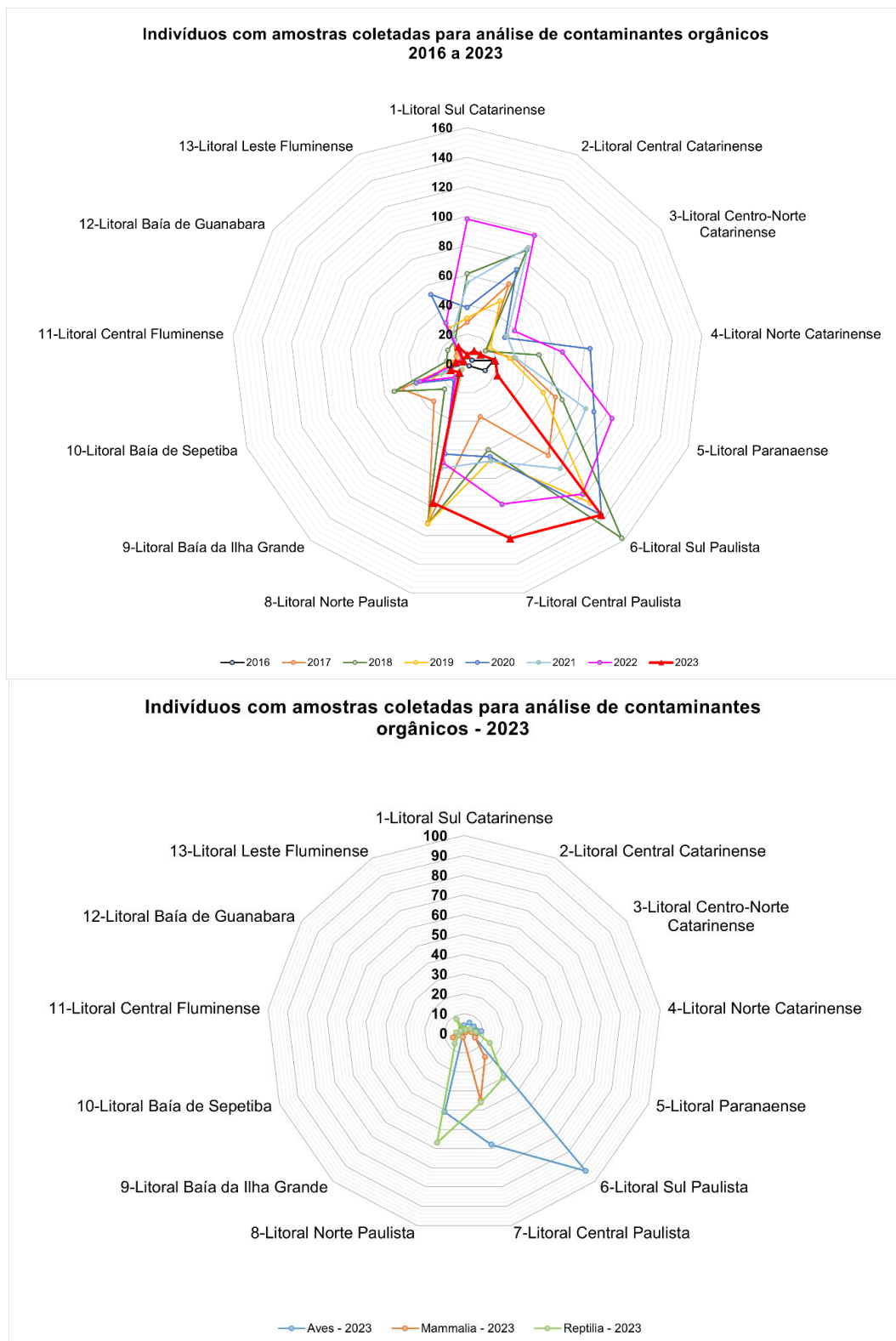
O PMP-BS vem acumulando um conjunto de informações sobre um amplo espectro de contaminantes orgânicos em tetrápodes marinhos que não tem precedente no país e, provavelmente, no mundo. Entre 2016 e o final de 2023, há um total de 5.867 amostras de TCH e TCA analisadas para HPAs, organohalogenados ou para ambos. Deste total de amostras, 5.750 foram analisadas pelo LabQOM do IO/USP e 117 pelo LabMAM – PUC-Rio.

O LabMAM recebeu o extenso banco de dados gerado entre 2016 e agosto de 2023 e fez a verificação e organização das informações. Desta forma, os dados de 2023 (com amostras analisadas pelos dois laboratórios) sobre HPAs ( $\Sigma$ 16HPAs e  $\Sigma$ 37HPAs), PCBs, PBDEs e pesticidas organoclorados (DDTs totais, soma HCH, drins totais, clordanas totais, endosulfan, metoxicloro e mirex) serão avaliados, quanto pertinente, em relação à distribuição de compostos e grau de contaminação de acordo com a literatura em relação principalmente ao nível de classe (Ave, Mammalia e Reptilia) dos animais, buscando correlacionar com informações sobre mesorregião, sexo e idade dos animais.

### 6.4.1 Análise espaço-temporal da ocorrência de HPAs e organohalogenados

Um panorama geral de ocorrência de animais das três classes de tetrápodes com amostras coletadas para análises de contaminantes orgânicos para o período

de 2016 a 2023, revela que as mesorregiões do Litoral Sul e Norte paulista apresentam os maiores números de registros em vários anos, seguido pelo litoral paranaense (**Figura 6.4-1**). Nesta mesma figura também se observa que o ano de 2023 apresentou um número reduzido em comparação com anos anteriores. Neste último ano (2023), houve maior ocorrência de Reptilia (principalmente, *C.mydas*; **Tabela 6.3-2**) nos três setores do litoral paulista (norte, central e sul), enquanto Mammalia (principalmente *Pontoporia brainvillei*; **Tabela 6.3-2**) foi registrada no Litoral Central paulista, seguido do Litoral Sul paulista. Para Aves, a **Figura 6.4-1** (parte inferior) mostra ocorrência inferior a 10 indivíduos, concentrados nos setores do litoral catarinense e sul-paranaense. Destaca-se, ainda, que as menores ocorrências de animais, em todos os anos, foram registradas nas mesorregiões do estado do Rio de Janeiro.



### 6.4.2 Ocorrência e distribuição de HPA

Uma característica marcante na distribuição de HPAs em TCH quanto TCA nos tetrápodes marinhos do PMP-BS é a grande diferença entre concentrações médias e medianas entre indivíduos da mesma espécie, assim como entre as espécies de cada classe, não havendo distribuição homogênea de HPAs. Estes aspectos serão detalhados nos itens a seguir.

#### **Aves Marinhas – Tecido hepático (TCH)**

Desde o início das análises de HPA no PMP-BS (2016) até o final do período de referência (2023), foram analisadas 2.631 amostras de TCH em 51 espécies de aves (considerando também os indivíduos identificados apenas até o gênero) para HPAs ( $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs) entre 2016 e 2023. Em termos gerais, as concentrações médias de  $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs em TCH ficaram na faixa entre <LQ e 2159 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para as 51 espécies de aves. Embora em muitas espécies nenhum HPAs tenha sido detectado (<LD, particularmente naquelas com n amostral baixo, inferior a 10 animais), há registros de valores de HPAs elevados em espécies com poucos indivíduos amostrados – é o caso da espécie *Anous stodius*, com a concentração mais alta registrada no período de referência de  $\Sigma 37$ HPAs de 2 (**Tabela 6.4-1**). Em comparação com dados da literatura, podemos citar: (i) em seis espécies (n = 102) de Aves marinhas predatórias das Ilhas Canárias (*Buteob*, *Accipitern*, *Falco pelegrinoides*, *Falco tinnunculus*, *Asio otus* e *Tyto alba*), as concentrações de  $\Sigma 14$ HPAs ficaram entre 48,9 e 6.481 ng g<sup>-1</sup> (além de extremo de 53.995 ng g<sup>-1</sup>) (Luzardo *et al.*, 2014); (ii) em outro trabalho também nas Ilhas Canárias, com 88 animais de 14 espécies de Aves marinhas (*Actitis hypoleucos*, *Arenaria interpres*, *Bubulcus ibis*, *Bulweria bulwerii*, *Calidris alba*, *Calonectris borealis*, *Chroicocephalus ridibundus*, *Egretta garzetta*, *Gallinula chloropus*, *Larus melanocephalus*, *Larus michahellis*, *Limosa lapponica*, *Oceanodroma castro*, *Oceanodroma leucorhoa*, as concentrações de apenas sete HPAs ficaram na faixa de 50 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), mas com registro de máximos de até 1.498 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), sendo esta classe a mais abundante em comparação com outros grupos de contaminantes orgânicos, e com presença frequente de naftaleno e fenantreno (NAVARRO *et al.*, 2023); (iii) em guilhemotes (*Uria aalge*,

Ordem Charadriiformes) oleados e mortos em praias da Inglaterra, as concentrações de 10 HPAs parentais variaram entre 43,0 e 425 ng g<sup>-1</sup>, com forte contribuição de HPAs com dois e três anéis, típicos do petróleo (TROISI *et al.*, 2006); (iv) no Mar Báltico, em 11 exemplares de duas espécies de Aves marinhas da região, encontraram concentrações de  $\Sigma 16$ HPAs de  $2,5 \pm 2,0$  ng g<sup>-1</sup> e  $2,8 \pm 1,9$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) e para soma parentais e alquilados entre  $12,5 \pm 4,1$  ng g<sup>-1</sup> e  $10,0 \pm 7,0$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) (WASZAK *et al.*, 2021). Estes são exemplos para ilustrar que as faixas de concentração para as Aves coletadas no PMP-BS estão no nível ou abaixo do que é encontrado em animais desta classe mortos em praias de outras regiões do planeta.

A **Tabela 6.4-1** revela, ainda, a grande variação no número de amostras de TCH entre as 51 espécies de Aves registradas. A maior ocorrência fica com o pinguim-de-magalhães (*Spheniscus magellanicus*), com 1.257 amostras no período 2016-2023, tendo média de  $\Sigma 16$ HPAs de  $24,7 \pm 167$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) e média de  $\Sigma 37$ HPAs de  $27,9 \pm 188$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido). No entanto, para os dois somatórios a mediana é equivalente ao limite de quantificação, visto que em 84,6% das amostras de TCH para *S. magellanicus* nenhum HPA foi detectado (**Tabela 6.4-1**). No ano de 2023, foram analisadas 162 amostras para esta espécie, a concentração média de  $\Sigma 37$ HPAs (**Tabela 6.3-2**) foi de  $133 \pm 466$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), e mediana de 181 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido). Apesar da diferença destes valores de 2023 com a série histórica (**Tabela 6.4-1**), no trabalho de Quinete *et al.* (2020) sobre *S. magellanicus* coletados mortos em 2012 em praias na região dos Lagos do Rio de Janeiro, com nove amostras de fígado, foi encontrada a faixa de soma de HPAs entre 28 e 2.193 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), e com predomínio de HPAs com quatro e cinco. Este mesmo perfil foi encontrado nas amostras de *S. magellanicus* de 2023 do PMP-BS, como apresentado na **Figura 6.3-3**.

A segunda espécie de Aves em recorrência é *Puffinus puffinus* (n = 331) seguido de *Larus dominicanus* (n = 312), *Sula leucogaster* (n = 196), *Phalacrocorax brasilianus* (n = 131) e *Fregata magnificens* (n = 94). Nestas espécies, os HPAs são detectados em ao menos 15% das amostras de cada uma, geralmente com predomínio de naftalenos. Mesmo assim, as medianas de concentração de HPAs para estas cinco espécies recorrentes na Bacia de Santos são equivalentes ao limite de detecção da metodologia.



**Tabela 6.4-1 – Concentração média\*, desvio-padrão (DP), mediana (Med.) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) para  $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs em amostras de TCH nas 51 espécies de Aves analisadas entre 2016 e 2023 pelo PMP-BS.**

Espécie	n	$\Sigma 16$ HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)				$\Sigma 37$ HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)			
		Med	DP	Med	%> LQ	Med	DP	Med	%> LQ
<i>Anous stolidus</i>	1	2119	NA	2119	100	2159	NA	2159	100
<i>Ardea alba</i> **	11	6,20	13,7	<LQ	27,3	6,20	13,7	<LQ	27,3
<i>Ardea cocoi</i> **	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Calidris alba</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Calonectris sp,</i>	15	4,45	9,56	<LQ	20	4,45	9,56	<LQ	20
<i>Calonectris diomedea</i>	13	6,92	16,2	<LQ	23,1	6,92	16,2	<LQ	23,1
<i>Calonectris diomedea borealis</i>	25	8,98	17,1	<LQ	28	8,98	17,1	<LQ	28
<i>Calonectris diomedea diomedea</i>	1	14,0	NA	14,0	100	14,0	NA	14,0	100
<i>Calonectris edwardsii</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Charadrius collaris</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Charadrius semipalmatus</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Daption capense</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Egretta thula</i> **	2	21,9	2,47	21,9	98	21,9	2,47	21,9	98
<i>Fregata magnificens</i>	94	8,94	23,2	<LQ	23,4	9,04	23,4	<LQ	23,4
<i>Fulmarus glacialis</i>	1	17,8	NA	17,8	100	17,8	NA	17,8	100
<i>Haematopus palliatus</i>	4	22,1	44,2	<LQ	25	22,1	44,2	<LQ	25
<i>Halobaena caerulea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Himantopus melanurus</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Larus dominicanus</i>	312	29,9	166	<LQ	31,7	31,1	170	<LQ	31,7
<i>Macronectes giganteus</i>	3	8,93	15,5	<LQ	33,3	8,93	15,5	<LQ	33,3
<i>Nycticorax nycticorax</i> **	17	11,5	19,6	<LQ	35,3	22,1	59,2	<LQ	35,3
<i>Oceanites oceanicus</i>	6	9,97	12,4	6,00	50	9,97	12,4	6,00	50
<i>Pachyptila sp,</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Pachyptila desolata</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	131	11,4	61,5	<LQ	23,7	11,4	62,3	<LQ	23,7
<i>Phimosus infuscatus</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Pluvialis dominica</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Procellari cinerea</i>	1	101	NA	101	100	218	NA	218	100
<i>Procellaria sp,</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	39	9,68	19,7	<LQ	25,6	16,0	36,8	<LQ	25,6
<i>Pterodroma sp,</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Pterodroma incerta</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Pterodroma mollis</i>	9	4,89	9,70	<LQ	22,2	4,89	9,70	<LQ	22,2

Espécie	n	Σ16HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)				Σ37HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)			
		Med	DP	Med	%> LQ	Med	DP	Med	%> LQ
<i>Puffinus gravis</i>	26	55,4	157	<LQ	30,8	96,5	342	<LQ	30,8
<i>Puffinus griseus</i>	7	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Puffinus puffinus</i>	331	16,1	53,4	<LQ	26,3	18,1	62,4	<LQ	26,3
<i>Rynchops niger</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Spheniscus magellanicus</i>	125 7	24,7	167	<LQ	19,7	27,9	188	<LQ	19,8
<i>Stercorarius sp,</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Stercorarius antarcticus</i>	1	12,7	NA	12,7	100	12,7	NA	12,7	100
<i>Stercorarius parasiticus</i>	2	27,2	38,4	27,2	50	32,7	46,2	32,7	50,0
<i>Sterna sp,</i>	4	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Sterna hirundinacea</i>	26	11,9	46,7	<LQ	15,4	12,6	50,3	<LQ	15,4
<i>Sterna hirundo</i>	12	4,63	12,1	<LQ	16,7	4,63	12,1	<LQ	16,7
<i>Sterna paradisaea</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Sterna trudeaui</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Sula leucogaster</i>	196	53,5	559	<LQ	25	55,7	587	<LQ	25
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	8	10,3	24,6	<LQ	25	10,3	24,6	<LQ	25
<i>Thalassarche melanophris</i>	19	14,1	31,6	<LQ	31,6	14,1	31,6	<LQ	31,6
<i>Thalasseus acutiflavus</i>	22	13,3	51,0	<LQ	13,6	13,3	51,0	<LQ	13,6
<i>Thalasseus maximus</i>	7	43,6	94,1	<LQ	28,6	43,6	94,1	<LQ	28,6
<b>TOTAL</b>	2631								

\* a média foi calculada considerando o valor zero para amostras com resultados <LQ. \*\* Espécies que foram excluídas em 2019 da lista de fauna alvo, anexo 9 do projeto executivo do PMP-BS.

Uma avaliação temporal do Σ16HPAs e Σ37HPAs em TCH para as 13 mesorregiões no período 2016-2023 revela a recorrência de concentrações baixas e sem tendência ano a ano (**Tabela 6.4-1**). Há algumas mesorregiões com resultados mais destacados, que ocorrem em 2023 em três mesorregiões (norte catarinense, Baía da Ilha Grande e leste fluminense) e em 2017 (litoral paranaense). Em 2023, o valor mais alto registrado ocorreu no Litoral Leste Fluminense de um único exemplar de *Anous stolidus*, com Σ37HPAs de 2.120 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido; **Tabela 6.3-2**), enquanto no Litoral Norte catarinense o resultado se deve a duas amostras (*Larus dominicanus* e *Puffinus puffinus*) que tiveram perfil de HPAs contendo compostos leves e pesados, o mesmo ocorrendo com as duas amostras de *Puffinus puffinus* na mesorregião da Baía da Ilha Grande. Em 2017, o pico de concentração média no litoral paranaense se deve a duas amostras, que



apresentaram grande contribuição de naftalenos e de outros HPAs entre quatro e seis anéis.

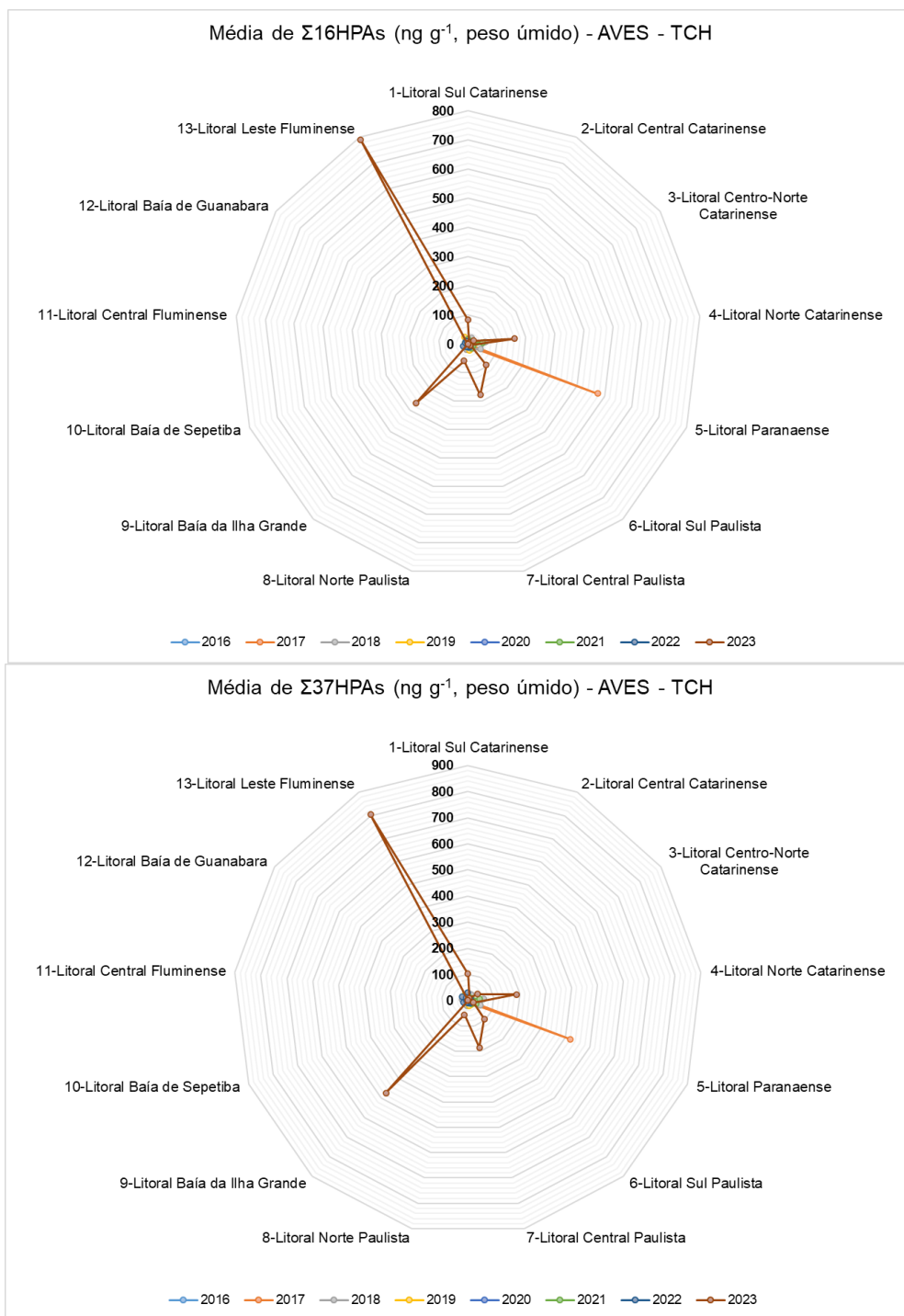
### ***Aves Marinhas – Tecido adiposo (TCA)***

Desde o início das análises de HPA no PMP-BS até o final do período de referência (2023), foram analisadas amostras de 13 espécies de aves (considerando também os indivíduos identificados apenas até o gênero), considerando TCA, num total de 279 amostras analisadas para HPAs ( $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs) (**Tabela 6.4-2**). Novamente, a espécie *S. magellanicus* foi a mais recorrente ( $n = 107$ ), com média de  $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs iguais, de  $13,8 \pm 25,5 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), mas para os dois somatórios com mediana equivalente ao limite de quantificação da metodologia. As outras três espécies mais recorrentes repetem o padrão em TCA já observado para o TCH, ou seja, com *L. dominicanus* ( $n = 65$ ), *S. leucogaster* ( $n = 48$ ) e *F. magnificens* ( $n = 32$ ) com médias de concentração de  $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs na mesma ordem de grandeza, entre  $25,3 \pm 45 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e  $25,9 \pm 45,4 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), respectivamente.

Um trabalho foi encontrado com TCA de três espécies de pinguins da Antártica (*Pygoscelis papus*, *Pygoscelis antarcticus* e *Pygosceles adeliae*), que registrou concentrações variando de  $76,7$  a  $239 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e com predomínio de HPAs com dois e três anéis, indicando origem petrogênica (MONTONE *et al.*, 2016) e compostos alquilados. Segundo os autores, o perfil sugere que os animais na região são expostos ao diesel usado nas estações para geração de energia (MONTONE *et al.*, 2016). Mesmo com diferença na quantidade e classificação dos HPAs entre o trabalho de Montone *et al.* (2016) e o PMP-BS, os animais na Antártica apresentam concentrações de HPAs numa faixa de valores um pouco superior ao encontrado ao longo do PMP-BS, embora os perfis dos compostos sejam semelhantes, ou seja, domínio de naftalenos e ocorrência de fenantreno e fluoranteno e seus alquilados, caracterizando exposição a hidrocarbonetos petrogênicos.

**Tabela 6.4-2** – Concentração média, desvio-padrão (DP), mediana (Med.) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) para  $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs em amostras de TCA nas espécies de Aves analisadas entre 2016 e 2023 pelo PMP-BS.

Espécie	n	$\Sigma 16$ HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)				$\Sigma 37$ HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)			
		Med	DP	Med	%>LQ	Med	DP	Med	%>LQ
<i>Fregata magnificens</i>	32	14,1	23,6	<LQ	34,4	15,3	27,6	<LQ	34,4
<i>Haematopus palliatus</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Himantopus melanurus</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Larus dominicanus</i>	65	15,2	33,6	<LQ	35,4	15,2	33,6	<LQ	35,4
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	16	12,6	34,6	<LQ	31,2	12,6	34,6	<LQ	31,2
<i>Phimosus infuscatus</i>	1	18,2	NA	18,2	99	18,2	NA	18,2	99
<i>Puffinus gravis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Puffinus puffinus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Spheniscus magellanicus</i>	10 7	13,8	25,6	<LQ	37,4	13,8	25,5	<LQ	37,4
<i>Sterna hirundinacea</i>	2	10,3	14,6	10,3	50	10,3	14,6	10,3	50
<i>Sula leucogaster</i>	48	25,3	45	<LQ	45,8	25,9	45,4	<LQ	45,8
<i>Thalasseus acuflavidus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Thalasseus maximus</i>	1	25,3	NA	25,3	99,0	25,3	NA	25,3	99
<b>TOTAL</b>	<b>279</b>								



**Figura 6.4-2** – Diagrama radial com as concentrações de HPAs ( $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ) em cada mesorregião por ano entre 2016 e 2023 para TCH em Aves ( $n = 2.631$ ) analisadas pelo PMP-BS. Nas amostras com resultado <LQ, foi considerado o valor zero no cálculo da média.

### **Mamíferos Marinhos – Tecido hepático (TCH)**

Desde o início das análises de HPA no PMP-BS até o final do período de referência (2023), foram analisadas amostras de 24 espécies de mamíferos marinhos (considerando também os indivíduos identificados apenas até o gênero), considerando TCH, num total de 404 amostras analisadas para HPAs ( $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs). Em ordem decrescente de ocorrência estão as espécies *Pontoporia blainvillei* (n = 174), *Sotalia guianensis* (n = 122), *Arctocephalus australis* (n = 34) e *Stenella frontalis* (n = 23) (**Tabela 6.4-3**). Nestas quatro espécies, as concentrações médias de  $\Sigma 16$ HPAs e  $\Sigma 37$ HPAs são semelhantes, na faixa entre  $12 \pm 92,9$  e  $47 \pm 117,8$  (peso úmido). Além destas, nas 10 amostras de TCH de *Tursiops truncatus* a média de HPAs foi de  $127 \pm 398$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido). No entanto, para o conjunto de amostras destas cinco espécies, as medianas de concentração, são equivalentes ao limite de quantificação da metodologia, já que entre 60 e 80% de todas as amostras analisadas nenhum HPA foi detectado.

A determinação de HPAs em tecidos de mamíferos marinhos é menos frequente do que a de poluentes orgânicos persistentes, como PCBs e pesticidas organoclorados (LOURENÇO *et al.*, 2021). Este cenário reflete, em parte, a observação que animais vertebrados e outros organismos em níveis tróficos superiores têm metabolismo que consegue de forma eficiente transformar HPAs em derivados mais solúveis em água e que podem, assim, serem eliminados pela urina (NEFF, 2002). No entanto, tem sido frequentemente reportadas concentrações de HPAs em mamíferos marinhos de diferentes espécies, o que sugere uma exposição contínua (embora em baixos níveis) desses animais a esta classe de contaminante que supera a capacidade deles em depurar estes compostos (LÓPEZ-BERENGUER *et al.*, 2023). Estes autores, por exemplo, reportam concentrações de  $\Sigma 16$ HPAs em TCA de diferentes espécies de cetáceos encontrados no Mar Mediterrâneo – *Stenella coeruleoalba* (n = 34) e *Tursiops truncatus* (n = 8) – com médias de  $100 \pm 59,0$  ng g<sup>-1</sup> e  $109 \pm 44,1$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), respectivamente. Em outro trabalho, com 81 amostras de TCH de focas (*Enhydra lutris nereis*) da Califórnia, as concentrações de  $\Sigma 16$ HPAs tiveram média de  $146$  ng g<sup>-1</sup> e mediana de  $94,3$  ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) (KANNAN; PERROTTA, 2008). Estes valores estão na mesma ordem de grandeza daqueles encontrados no presente trabalho. Outros trabalhos na literatura sobre HPAs em mamíferos

consideram a concentração em ng de contaminante por g de lipídio, de forma que não é possível fazer comparações diretas com os resultados do PMP-BS (valores em ng g<sup>-1</sup> peso úmido).

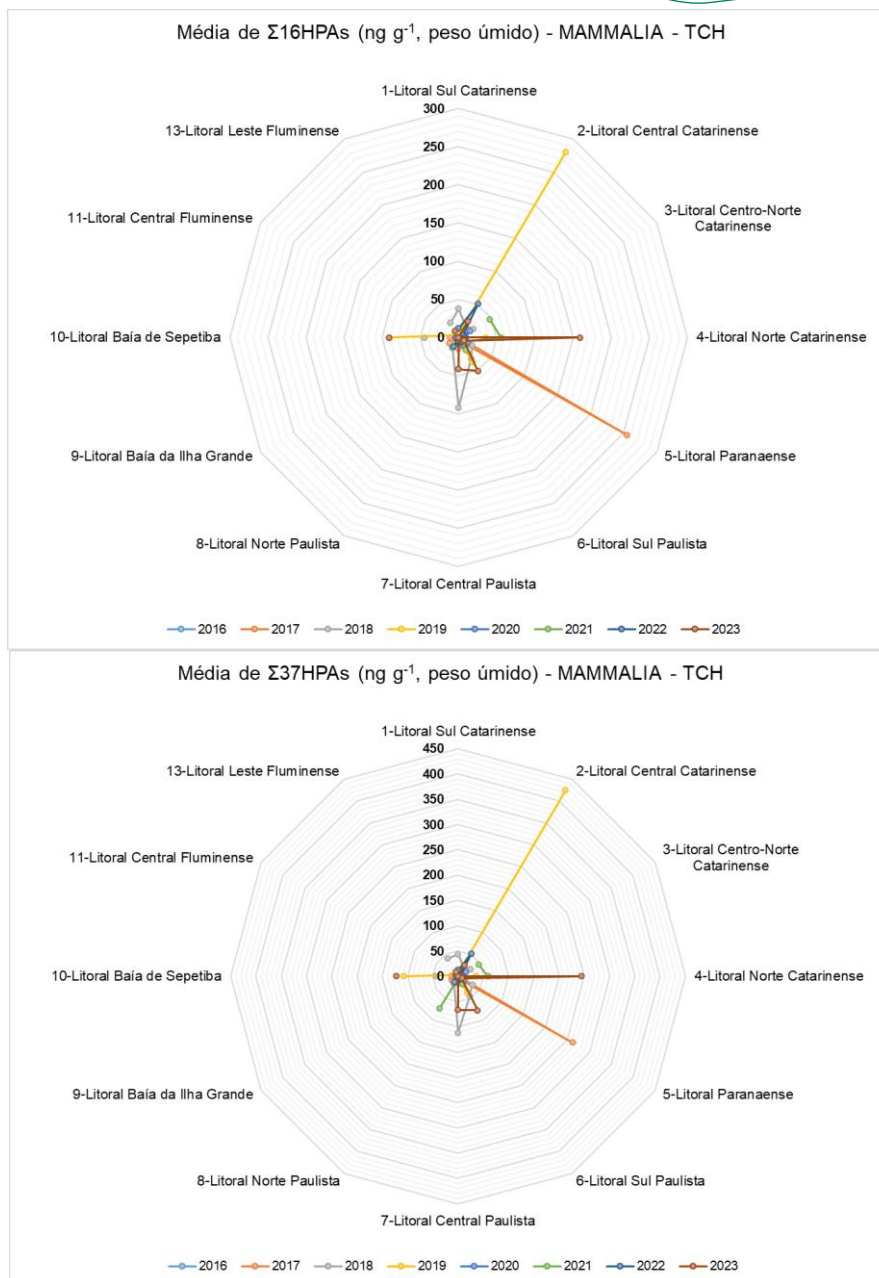
A comparação temporal das concentrações de HPAs não mostra nenhuma tendência de aumento ou diminuição de valores nas 13 mesorregiões do PMP-BS (**Figura 6.4-3**). Em anos distintos são observadas elevações bruscas de concentração média de  $\Sigma 16$ HPAs ou  $\Sigma 37$ HPAs em determinada mesorregião. É o caso do Litoral Norte catarinense em 2019, devido a duas amostras de *Arctocephalus australis* que tiveram concentrações de 65,1 e 497 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para  $\Sigma 16$ HPAs e 65,1 e 784 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para  $\Sigma 37$ HPAs. Outro exemplo é o litoral paranaense em 2017, cujos valores elevados se devem a três amostras de *Tursiops truncatus* com concentrações de  $\Sigma 16$ HPAs entre 143 e 2.020 ng g<sup>-1</sup> e  $\Sigma 37$ HPAs entre 143 e 2.074 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido). Nestes casos, há um predomínio de HPAs leves (dois e três anéis) sobre os HPAs pesados (quatro a seis anéis), o que sugere exposição a HPAs petrogênicos (BOEHM *et al.*, 2018). Por outro lado, os resultados do Litoral Norte catarinense e litoral da Baía de Sepetiba para 2023, as concentrações médias foram mais altas devido a três amostras de TCH de *Sotalia guianensis* –  $\Sigma 16$ HPAs entre 179 e 724 ng g<sup>-1</sup> e  $\Sigma 37$ HPAs entre 306 e 885 ng g<sup>-1</sup> –, com um perfil de HPAs incluindo compostos leves e pesados, o que sugere mistura de fontes petrogênicas e pirogênicas (BOEHM *et al.*, 2018).

**Tabela 6.4-3** – Concentração média, desvio-padrão (DP), mediana (Med.) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) para  $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$  em amostras de TCH nas 24 espécies de Mammalia analisadas entre 2016 e 2023 pelo PMP-BS.

Espécie	n	$\Sigma 16\text{HPAs}$ (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)				$\Sigma 37\text{HPAs}$ (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)			
		Média	DP	Med	% >LQ	Média	DP	Med	%>LQ
<i>Arctocephalus australis</i>	34	32,5	92,9	<LQ	32,4	52	153,6	<LQ	32,4
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	4	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Delphinus delphis</i>	3	9,9	17,1	<LQ	33,3	9,9	17,1	<LQ	33,3
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	2	12,4	17,5	12,4	50	12,4	17,5	12,4	50
<i>Grampus griseus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Kogia breviceps</i>	5	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Kogia sima</i>	1	24,9	NA	24,9	100	24,9	NA	24,9	100
<i>Lagenodelphis hosei</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Lobodon carcinophaga</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Lontra longicaudis**</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Megaptera novaeangliae</i>	4	14,0	28	<LQ	25	19	38	<LQ	25
<i>Mesoplodon</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Otaria flavescens</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Phocoena dioptrica</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Pontoporia blainvillei</i>	174	20	61,7	<LQ	32,2	28,2	86,8	<LQ	32,2
<i>Sotalia guianensis</i>	122	12	38,6	<LQ	27,9	15,2	52,2	<LQ	27,9
<i>Stenella</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Stenella attenuata</i>	1	<LQ	NA	<LQ	0	<LQ	NA	<LQ	0
<i>Stenella frontalis</i>	23	47	117,8	<LQ	39,1	56,8	160,6	<LQ	39,1
<i>Stenella longirostris</i>	3	9,6	16,7	<LQ	33,3	9,6	16,7	<LQ	33,3

Σ16HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)						Σ37HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)			
Espécie	n	Média	DP	Med	% >LQ	Média	DP	Med	%>LQ
<i>Steno bredanensis</i>	4	<LQ	<LQ	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Tursiops truncatus</i>	10	127,4	398,2	<LQ	20	130,8	409,1	<LQ	20
<i>Ziphius cavirostris</i>	1	39,2	NA	39,2	100	39,2	NA	39,2	100
TOTAL	404								





**Figura 6.4-3 – Diagrama radial com as concentrações de HPAs ( $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ) em cada mesorregião por ano entre 2016 e 2023 para TCH em Mammalia ( $n = 404$ ) coletadas pelo PMP-BS.**

### **Mamíferos Marinhos – Tecido adiposo (TCA)**

Desde o início das análises de HPA no PMP-BS até o final do período de referência (2023), foram analisadas amostras de 21 espécies de mamíferos marinhos (considerando também os indivíduos identificados apenas até o gênero), considerando TCA, num total de 364 amostras analisadas para HPAs ( $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ). As espécies *Pontoporia blainvillei* ( $n = 165$ ) e *Sotalia guianensis* ( $n = 120$ ) têm os maiores números de amostras de TCA analisadas, com médias muito

semelhantes (em torno de  $32,5 \pm 120 \text{ ng g}^{-1}$  para  $\Sigma 16\text{HPAs}$  e de  $43,9 \pm 161 \text{ ng g}^{-1}$  para  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ), mas com medianas de ambas as espécies equivalentes ao limite de detecção da metodologia, visto que em cerca de 60% das amostras nenhum HPA foi detectado (**Tabela 6.4-4**).

Há 22 amostras de TCA para *Stenella frontalis*, mas para esta espécie também a mediana de concentração de HPAs equivale ao limite de quantificação da metodologia e em 76% das amostras nenhum HPA foi detectado.

Já a espécie *Tursiops truncatus*, com apenas 10 amostras de TCA coletadas pelo PMP-BS, apresentou média de  $226 \pm 632 \text{ ng g}^{-1}$  e mediana de  $7,4 \text{ ng g}^{-1}$  para  $\Sigma 16\text{HPAs}$ , com valores muito próximos para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$ . Estes números são relativos a cinco animais, coletados entre 2017 e 2020 nos litorais paranaense, Central e Sul-catarinense, que tiveram concentração do total de HPAs entre 14,8 e  $2.020 \text{ ng g}^{-1}$  (igual nos dois somatórios). O perfil dos HPAs em *Tursiops truncatus* destas amostras é dominado por naftaleno e fenantreno, apenas. Os resultados desta espécie são comparáveis a valores já reportados na literatura. Por exemplo, em TCA de *Stenella coeruleoalba* ( $n = 34$ ) e *Tursiops truncatus* ( $n = 8$ ) de animais coletados mortos (2011-2018) no Mediterrâneo, as concentrações de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foram de  $100 \pm 59 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e de  $136 \pm 47 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), respectivamente, com um perfil também dominado por HPAs leves (dois a três anéis) (LÓPEZ-BERENGUER *et al.*, 2023). Pode-se, ainda, citar os dados obtidos pelo PMC-BS (RTA, 2023) para TCA de *T. truncatus*, com  $\Sigma 16\text{HPAs}$  de  $179 \pm 480 \text{ ng g}^{-1}$  (mediana de  $10,2 \text{ ng g}^{-1}$ ) e  $\Sigma 37\text{HPAs}$  de  $196 \pm 507 \text{ ng g}^{-1}$  (mediana de  $13,8 \text{ ng g}^{-1}$ ) – embora não seja possível comparar diretamente dados de animais mortos e vivos, ao menos os resultados estão na mesma ordem de grandeza.

Ainda a título de comparação, em outro estudo com botos asiáticos (*Neophocaena asiaeorientalis sunameri*,  $n = 14$ ), focas do Pacífico (*Phoca larga*,  $n = 14$ ) e baleia (*Balaenoptera acutorostrata*,  $n = 9$ ), todos animais mortos, com resultados gerais soma de 15 HPAs variando entre <LQ e  $114 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido, multiplicando o resultado em peso seco por 0,25) (TIAN *et al.*, 2023). Outros dados de literatura são expressos em ng de HPA por g de lipídio do animal, mas como nem todos trazem em detalhes o valor do teor de lipídio, a conversão não é possível.

**Tabela 6.4-4 – Concentração média, desvio-padrão (DP), mediana (Med.) e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) para  $\Sigma$  16HPAs e  $\Sigma$  37HPAs em amostras de TCA nas espécies de Mammalia analisadas entre 2016 e 2023 pelo PMP-BS.**

Espécie	n	$\Sigma$ 16HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)				$\Sigma$ 37HPAs (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)			
		Média	DP	Med	%>LQ	Média	DP	Med	%>LQ
<i>Arctocephalus australis</i>	14	40	81,	<LQ	42,9	39,9	81,	<LQ	42,9
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	3	17,9	30,9	<LQ	33,3	17,8	30,9	<LQ	33,3
<i>Delphinus delphis</i>	3	29,3	15,7	34,8	97	29,3	15,6	34,8	97
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	2	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Grampus griseus</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Kogia breviceps</i>	4	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Kogia sima</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Lagenodelphis hosei</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Lontra longicaudis</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Megaptera novaeangliae</i>	5	21,6	33,2	<LQ	40	21,6	33,2	<LQ	40
<i>Mesoplodon sp.</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Phocoena dioptrica</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Pontoporia blainvillei</i>	165	30,8	132	<LQ	33,3	41,6	167,2	<LQ	33,3
<i>Sotalia guianensis</i>	120	33,8	108,9	<LQ	40,8	45,8	154,5	<LQ	40,8
<i>Stenella sp.</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Stenella attenuata</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Stenella frontalis</i>	22	23,1	70,7	<LQ	22,7	25,8	83,1	<LQ	22,7
<i>Stenella longirostris</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Steno bredanensis</i>	4	9,85	19,7	<LQ	25	9,85	19,7	<LQ	25
<i>Tursiops truncatus</i>	10	225,8	632,1	7,40	50	231,2	649,2	7,40	50
<i>Ziphius cavirostris</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<b>TOTAL</b>	<b>364</b>								

**\*\* Espécies que foram excluídas em 2019 da lista de fauna alvo, anexo**

### **Tartarugas-marinhas – Tecido hepático (TCH)**

Desde o início das análises de HPA no PMP-BS até o final do período de referência (2023), foram analisadas amostras das cinco espécies de tartarugas-marinhas, considerando TCH, num total de 1.422 amostras com resultados para HPAs ( $\Sigma$  16HPAs e  $\Sigma$  37HPAs).

Para esta classe, há um número elevado de amostras de TCH para a espécie *Chelonia mydas* (n = 1.338). Deste quantitativo, os HPAs foram detectados em apenas cerca de um quarto das amostras de TCH, com concentrações médias de

$\Sigma 16$ HPAs de  $23,5 \pm 200 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e  $\Sigma 37$ HPAs de  $27,4 \pm 212 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido). No entanto, como observado nas outras classes, as medianas de concentração dos dois somatórios de HPAs é equivalente ao limite de detecção da metodologia (**Tabela 6.4-6**). O mesmo ocorre com a espécie *Caretta caretta* ( $n = 71$ ), que apresenta concentrações médias de HPAs semelhantes às de *C. mydas*, e medianas iguais ao limite de quantificação.

Ainda em relação à espécie *Chelonia mydas*, foram 315 amostras ao longo do projeto com ao menos um HPA detectado. Apenas considerando estas amostras, médias e medianas de  $\Sigma 16$ HPAs são de  $94,0 \pm 411 \text{ ng g}^{-1}$  e  $26,3 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), e para  $\Sigma 37$ HPAs,  $111 \pm 433 \text{ ng g}^{-1}$  e  $31,5 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), respectivamente. Em 59% destas amostras, o naftaleno foi o único HPA encontrado, mas nos demais 41% das amostras foram encontrados, além do naftaleno e alquilados, outros HPAs com quatro e cinco anéis, como exemplificado na **Figura 6.3-5** (capítulo 6.3 – Resultados), o que sugere a exposição a fontes petrogênicas e pirogênicas destes compostos (Ylitalo *et al.*, 2017). Observou-se a alta frequência de HPAs além do naftaleno detectados em TCH de *C. mydas* de amostras coletadas entre julho e dezembro de 2023.

Dados de literatura para *C. mydas* em TCH reportam valores de  $14,7 \pm 7,1 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) para soma de HPAs parentais e alquilados (>40 compostos) de animais não-oleados no Golfo do México após vazamento do *Deep-Water Horizon* (YLITALO *et al.*, 2017). Em outro trabalho, no Mediterrâneo, embora para outra espécie (*C. caretta*,  $n = 19$ ), a média do  $\Sigma 16$ HPAs foi de  $139 \pm 55,0 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), com naftaleno respondendo por mais de 90% dos HPAs (ARIENZO *et al.*, 2023). No Brasil, para animais coletados em São Paulo e Espírito Santo ( $n = 44$ ) as medianas para  $\Sigma 16$ HPAs foram de  $1,48 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) para animais sem tumor e de  $17,3 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) para animais com registro de fibropapilomatose (VILCA *et al.*, 2018). Esta variabilidade nas concentrações de HPAs em tartarugas – assim como é válido para outros tetrápodes marinhos – é função de fatores como natureza migratória, idade, sexo, nível trófico, diferenças alimentares e estágio reprodutivo (NEFF, 2002).

A **Figura 6.4-4** traz a variação temporal (2016-2023) das concentrações de HPAs por mesorregião. O destaque para 2023 no Litoral Norte catarinense ocorreu devido a um único indivíduo de *C. mydas* nesta região, que teve concentrações

elevadas ( $\Sigma 16\text{HPAs} = 1.382 \text{ ng g}^{-1}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs} = 1.623 \text{ ng g}^{-1}$ ). Por outro lado, no litoral de São Paulo, dois exemplares de *C. mydas* e um de *C. caretta* tiveram concentrações de HPAs na ordem de 700 a  $1.160 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), mas não se destacam na **Figura 6.4-4** porque neste estado vários outros animais tiveram valores baixos de HPAs, ‘diluindo’ a concentração média para as mesorregiões de São Paulo. Interessante observar que os valores altos de HPAs nestes animais são devido à forte presença de HPAs de quatro a seis anéis, sugerindo a incorporação de compostos de origem pirogênica.

### ***Tartarugas-marinhas – Tecido adiposo (TCA)***

Desde o início das análises de HPA no PMP-BS até o final do período de referência (2023), foram analisadas amostras das cinco espécies de tartarugas-marinhas, considerando TCA, num total de 729 amostras com resultados para HPAs ( $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ), equivalente a cerca de 50% do quantitativo de amostras para TCH nesta classe.

Novamente, a espécie *C. mydas* foi a mais recorrente, com 659 amostras de TCA, médias e medianas de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  de  $23,6 \pm 98,7 \text{ ng g}^{-1}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$  de  $28,7 \pm 112,9 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido). No entanto, como já registrado em outras classes de tetrápodes, a mediana dos dois somatórios de HPAs é equivalente ao limite de quantificação da metodologia, visto que 67,6% das amostras não tiveram nenhum HPA detectado (**Tabela 6.4-5**). Nas demais amostras de *C. mydas* com ao menos um HPA acima do limite de quantificação ( $n = 205$ ), médias e medianas de  $\Sigma 16\text{HPAs}$  em TCA foram de  $20,2 \pm 133 \text{ ng g}^{-1}$  e  $31,7 \text{ ng g}^{-1}$  e de  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ,  $25,6 \pm 162 \text{ ng g}^{-1}$  e  $33,2 \text{ ng g}^{-1}$ , respectivamente. Na sua quase totalidade, predominam nestas amostras HPAs com dois ou três anéis aromáticos. A título de comparação, em 23 amostras de TCA de *Caretta caretta* encontradas mortas no litoral SE da Espanha, no Mediterrâneo, a média do  $\Sigma 16\text{HPAs}$  foi de  $136 \pm 47 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e com predomínio de HPAs leves, sugerindo origem petrogênica para os compostos incorporados no TCA destes animais (LÓPEZ-BERENGUER *et al.*, 2023).

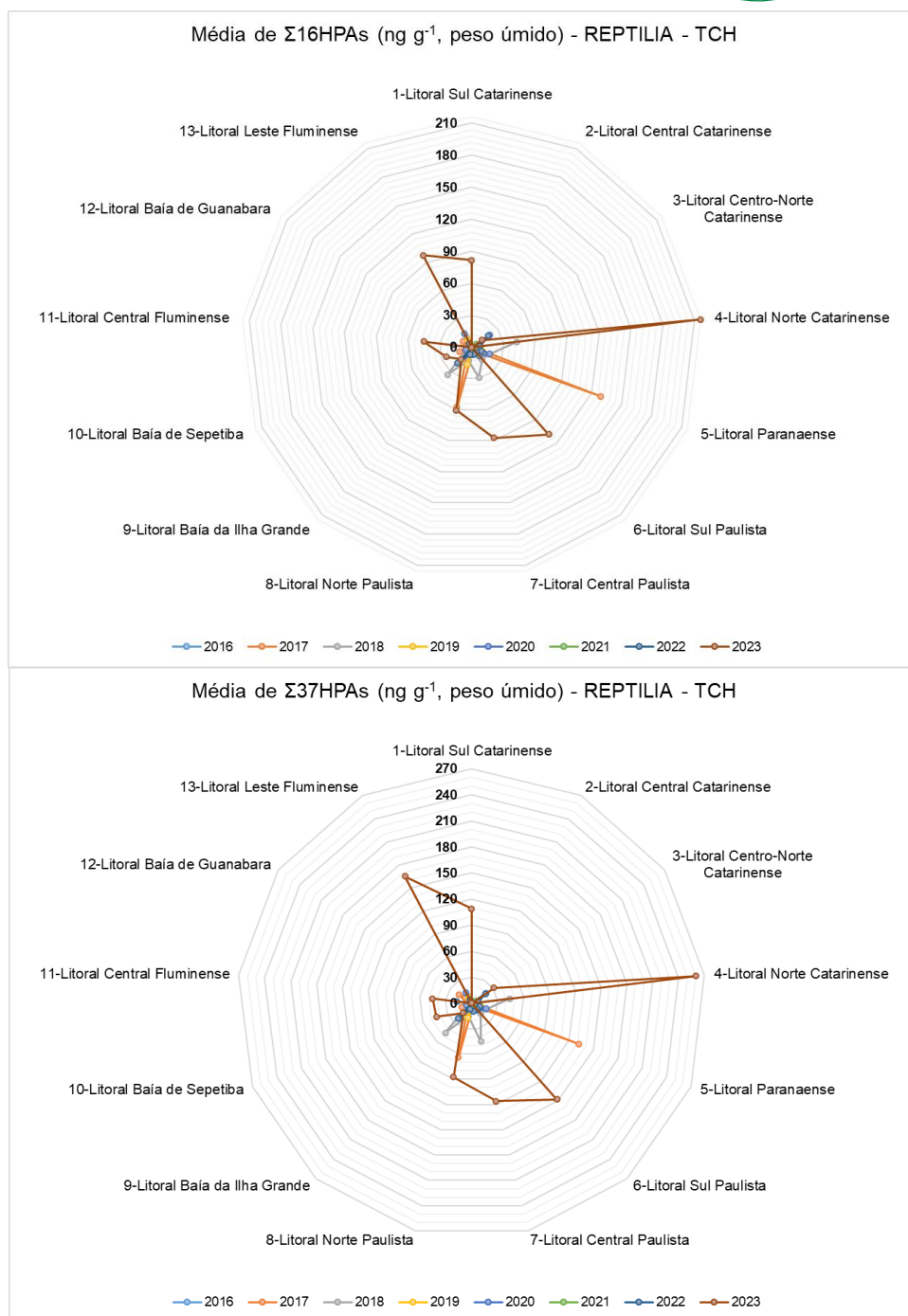
**Tabela 6.4-5** – Concentração média, desvio-padrão, mediana e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) o para  $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$  em amostras de TCA nas espécies de Reptilia analisadas entre 2016 e 2023 pelo PMP-BS.

Espécie	n	$\Sigma 16\text{HPAs}$ (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)				$\Sigma 37\text{HPAs}$ (ng g <sup>-1</sup> ; peso úmido)			
		Média	DP	Med	%>LQ	Média	DP	Med	%>LQ
<i>Caretta caretta</i>	62	27,9	118,3	<LQ	33,8	34,3	133,3	<LQ	33,9
<i>Chelonia mydas</i>	659	23,6	98,7	<LQ	31,6	28,7	112,9	<LQ	31,6
<i>Dermochelys coriácea</i>	3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<i>Eretmochelys imbricata</i>	1	<LQ	NA	<LQ	<LQ	<LQ	NA	<LQ	<LQ
<i>Lepidochelys olivácea</i>	4	11,7	14,6	8,40	50	11,7	14,6	8,40	50
<b>TOTAL</b>	<b>729</b>								

**Tabela 6.4-6** – Concentração média, desvio-padrão (DP), mediana e percentual de amostras com compostos quantificáveis (%>LQ) o para  $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$  em amostras de TCH nas espécies de Reptilia analisadas entre 2016 e 2023 pelo PMP-BS.

Espécie (Reptilia)	N	$\Sigma 16\text{HPA}$ (ng g <sup>-1</sup> , peso úmido)				$\Sigma 37\text{HPA}$ (ng g <sup>-1</sup> , peso úmido)			%>LQ
		Média	DP	Med.	>LQ(%)	Média	DP	Med.	
<i>Caretta caretta</i>	71	34,7	206	<LQ	21,1	41,7	225,4	<LQ	21,1
<i>Chelonia mydas</i>	1338	23,5	200	<LQ	23,4	27,4	212,0	<LQ	23,4
<i>Dermochelys coriacea</i>	4	67,9	120	12,4	50	97,2	178,3	12,4	50
<i>Eretmochelys imbricata</i>	3	<LQ	0	<LQ	0	<LQ	<LQ	<LQ	0
<i>Lepidochelys olivacea</i>	6	13,3	27,1	<LQ	33,3	27,2	60,7	<LQ	33,3
Total	1422								





**Figura 6.4-4**– Diagrama radial com as concentrações de HPAs ( $\Sigma 16\text{HPAs}$  e  $\Sigma 37\text{HPAs}$ ) em cada mesorregião por ano entre 2016 e 2023 para TCH em Reptília ( $n = 1.422$ ) coletadas pelo PMP-BS.

### 6.4.3 Ocorrência e distribuição de contaminantes halogenados

Nesta categoria de contaminantes halogenados entram diversas classes de compostos entre os chamados “poluentes orgânicos persistentes” (POPs), especificamente bifenilas policloradas (PCBs), éteres difenilos polibromados,

DDTs (*o,p'*-DDT e *p,p'*-DDT) e seus metabólitos (*p,p'*-DDE, *o,p'*-DDD, *p,p'*-DDD), soma HCH, drins totais, clordanas totais, endosulfan, metoxicloro e mirex.

Com base nos resultados de 2023 – que seguiram tendência observada nos outros anos – apenas PCBs e  $\Sigma$ DDT foram encontrados em número representativo de amostras acima dos respectivos limites de quantificação, e desta forma serão as duas categorias cujos resultados serão avaliados em termos de variação espaço-temporal na Bacia de Santos.

### ***Aves Marinhas – PCBs e $\Sigma$ DDTs***

Entre as 20 espécies de Aves com amostras de TCH analisadas para contaminantes organoclorados no período do PMP-BS, são registradas concentrações médias ou medianas em 13 espécies para  $\Sigma$ PCBs e 12 espécies para  $\Sigma$ DDTs (**Figura 6.4-5**). Esta distribuição deve ser avaliada com cautela, uma vez que o número de indivíduos com TCH entre as espécies de Aves varia de forma significativa. Por exemplo, para as espécies de maior destaque em termos de concentração na **Figura 6.4-5** – *Oceanites oceanicus*, *Macronectes giganteus*, *Nycticorax nycticorax* – valores da ordem de 2.000 a 5.000 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para PCBs e entre 209 e 2.353 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) para DDTs referem-se a apenas uma ou duas amostras de cada espécie. Exemplos semelhantes ocorrem com as espécies *Fregata magnificens* e *Phalacrocorax brasilianus*, que embora tenham números elevados de amostra para HPAs, contam apenas com duas e quatro amostras, respectivamente, analisadas para POPs em TCH.

Por outro lado, há outras espécies com resultados de PCBs e DDTs mais consistentes, devido ao maior número amostras, como detalhado a seguir:

- i. *Puffinus puffinus*, com 171 amostras de TCH analisadas para POPs, têm concentrações de PCBs de 414 ± 391 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) e mediana de 316 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido). Para  $\Sigma$ DDTs, média de 97,8 ± 123 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido) e mediana de 63,8 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido).
- ii. *Spheniscus magellanicus* tem 36 amostras de TCH analisadas (contra 1.098 para HPAs), com média e mediana de PCBs de 124 ± 296 ng g<sup>-1</sup> e 48,9 ng g<sup>-1</sup> (peso úmido), respectivamente. Para  $\Sigma$ DDTs nesta

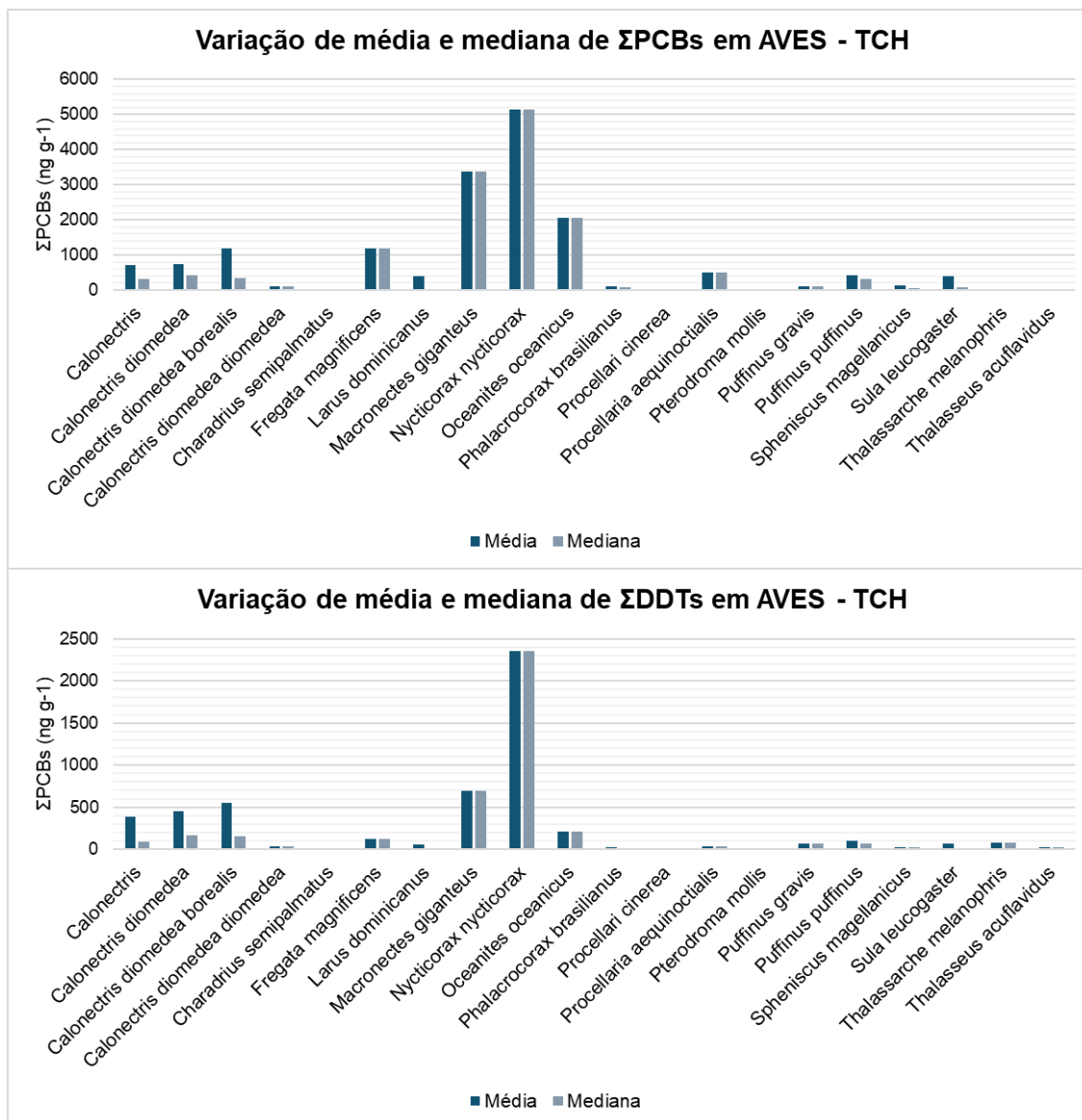


espécie, média e mediana de  $26,3 \pm 25,6 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e  $22,6 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido), respectivamente.

- iii. *Larus dominicanus*, com 243 amostras de TCH analisadas, tem média de PCBs de  $402 \pm 3.244 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e mediana bem inferior, de  $33,7 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido). Para  $\Sigma$ DDTs, média de  $59,3 \pm 165 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) e mediana inferior, de  $18,7 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido).
- iv. *Calonectris* ( $n = 11$ ), *Calonectris diomedea* ( $n = 11$ ) e *Calonectris diomedea borealis* ( $n = 19$ ) apresentam concentrações de PCBs de  $704 \pm 802 \text{ ng g}^{-1}$  a  $1.185 \pm 2.610 \text{ ng g}^{-1}$ , com medianas de 319 a  $433 \text{ ng g}^{-1}$ . e para  $\Sigma$ DDTs, médias de  $384 \pm 707 \text{ ng g}^{-1}$  a  $551 \pm 1.465 \text{ ng g}^{-1}$ , com medianas de 89,0 a  $154 \text{ ng g}^{-1}$ .

A título de comparação, os resultados citados acima ficam na mesma ordem de grandeza de Aves marinhas reportadas no litoral de Portugal, com  $\Sigma$ PCBs em TCH entre 150 e  $800 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) de *Puffinus laureanous* (COSTA *et al.*, 2016) e entre 6 e  $8.431 \text{ ng g}^{-1}$  (peso úmido) em 61 amostras de TCH de 12 espécies de Aves marinhas na costa Italiana (NASO *et al.*, 2003). Nestes trabalhos, foram frequentemente encontrados os congêneres 118, 138, 153 e 180, que contêm sete, seis e cinco cloros na estrutura. Nas amostras do PMP-BS, estes mesmos congêneres estão entre os mais detectados no TCH de Aves (**Figura 6.4-6**).

Para o  $\Sigma$ DDT, as concentrações encontradas em TCH das espécies de Aves coletadas no PMP-BS estão ligeiramente abaixo do encontrados na literatura (NASO *et al.*, 2003; COSTA *et al.*, 2016; AYELE *et al.*, 2022). Nestes trabalhos citados, o *p,p'*-DDE sempre esteve presente e foi o mais abundante, com faixas de concentração de 4– $4.504 \text{ ng/g}$  (peso úmido), 60– $7.150 \text{ ng/g}$  (peso úmido) e 143– $1.051 \text{ ng/g}$  (peso úmido), respectivamente. A mesma predominância e faixas de concentrações foram observados no PMP-BS.



**Figura 6.4-5** – Concentrações média e mediana de  $\Sigma$ PCBs (painel superior) e  $\Sigma$ DDT (painel inferior) considerando todas as amostras de TCH de Aves coletada pelo PMP-BS entre 2016 e 2023. Valores em ng g<sup>-1</sup> (peso úmido).

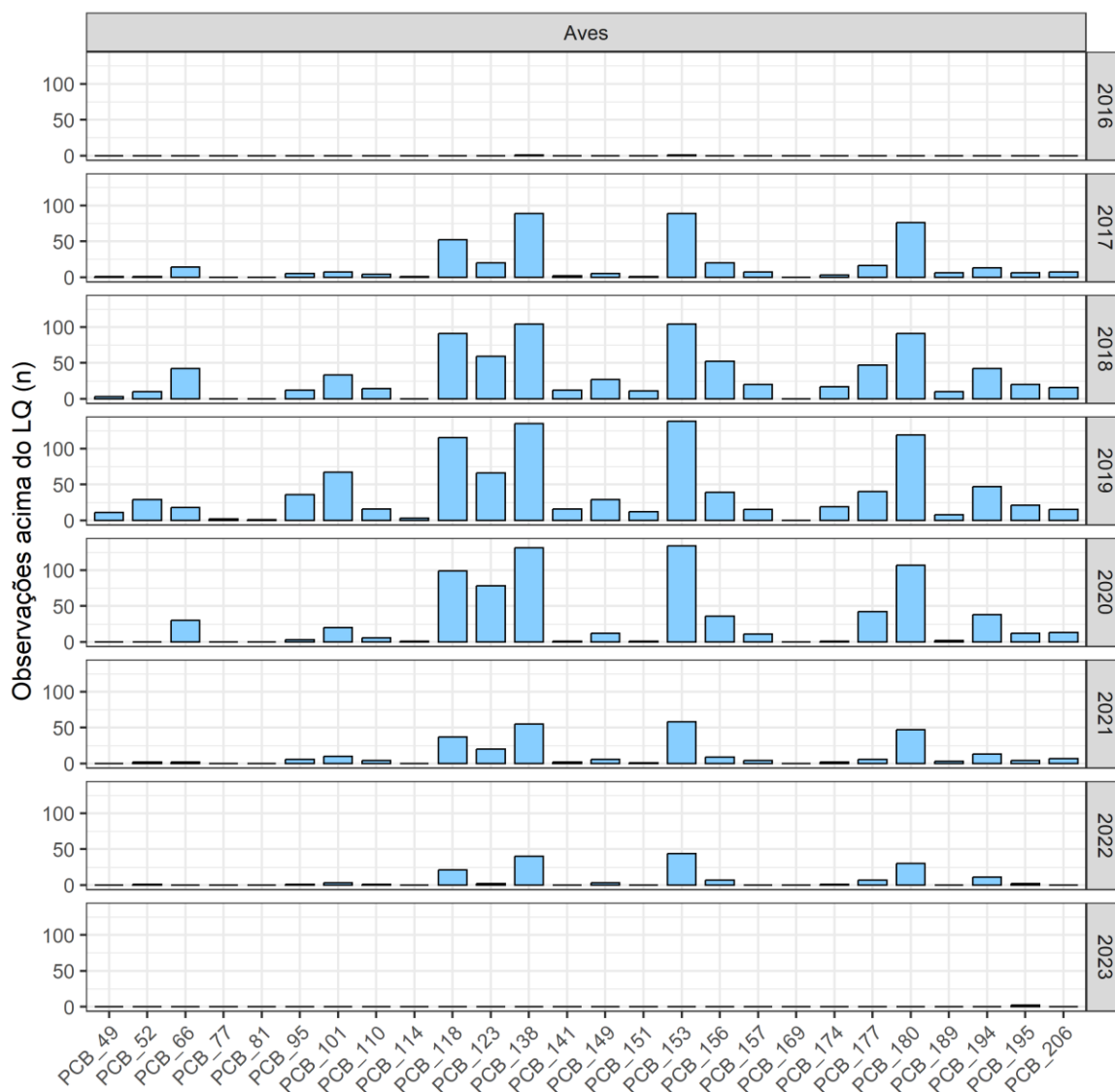


Figura 6.4-6– Distribuição dos congêneres clorados de PCBs em TCH Aves durante 2016-2023 no PMP-BS.

### Mamíferos Marinhos – $\Sigma$ PCBs e $\Sigma$ DDTs

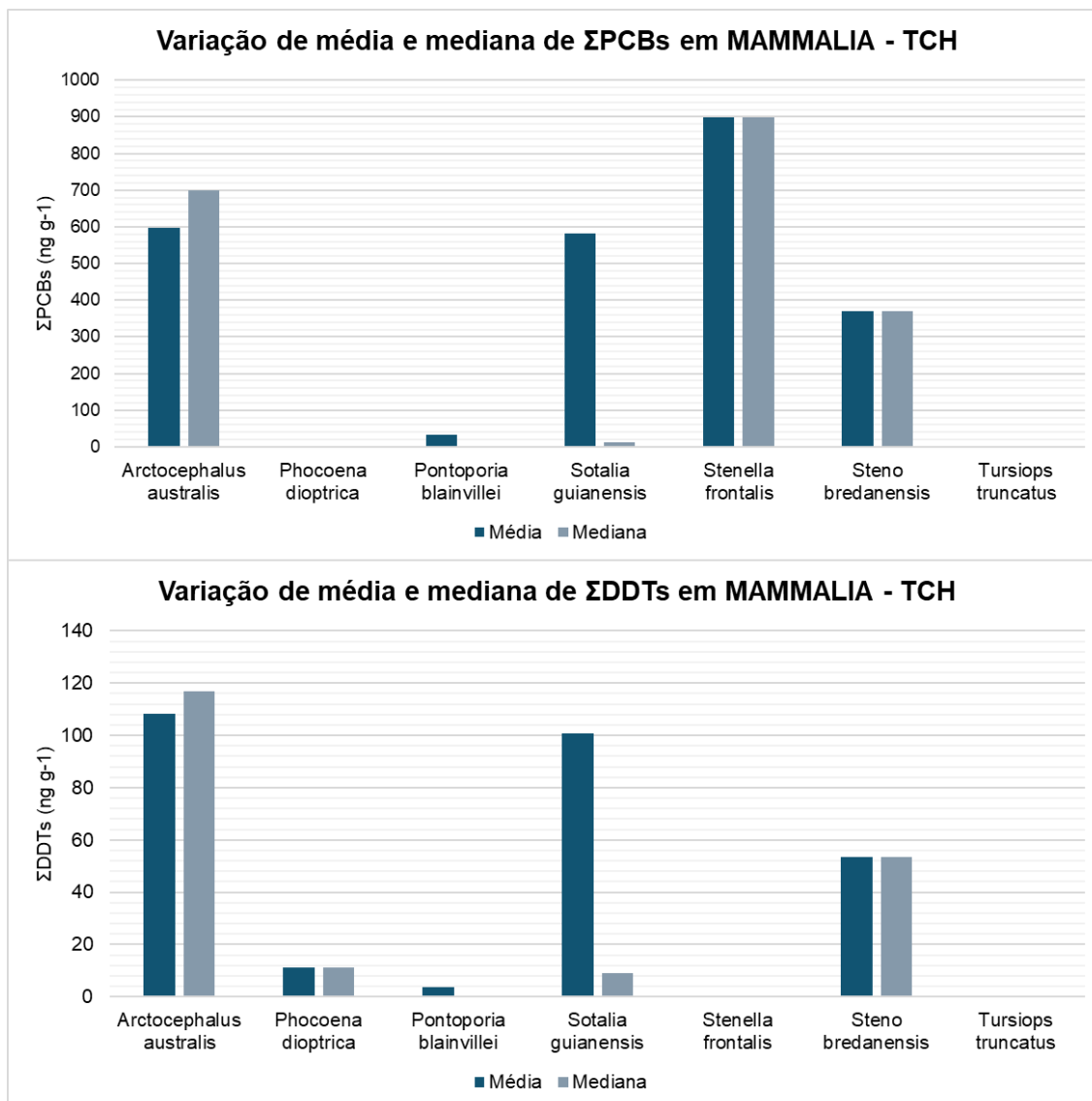
Entre as 4.044 espécies de Mammalia com amostras de TCH analisadas para contaminantes organoclorados no período do PMP-BS, são registradas concentrações médias ou medianas em três espécies para  $\Sigma$ PCBs e  $\Sigma$ DDTs.

Nas cinco espécies com concentrações registradas na **Figura 6.4-7**, *Arctocephalus australis*, *Stenella frontalis* e *Steno bredarensis* tiveram apenas uma a três amostras analisadas, e os resultados de PCBs e  $\Sigma$ DDTs não são representativos.

A espécie *Sotalia guianensis*, com 94 amostras de TCH analisadas, teve média de PCBs de  $138 \pm 195 \text{ ng g}^{-1}$ , mas com mediana inferior ( $138 \text{ ng g}^{-1}$ ,

peso úmido) e  $\Sigma$ DDTs de  $7,9 \pm 11,2 \text{ ng g}^{-1}$  (mediana =  $7,93 \text{ ng g}^{-1}$ ; peso úmido). Para a espécie *Pontoporia blainvillei* ( $n = 12$ ), média de PCBs de  $30,1 \pm 63 \text{ ng g}^{-1}$  mas mediana equivalente ao limite de quantificação da metodologia e traços de  $\Sigma$ DDT.

Há uma extensa literatura sobre a presença de POPs em mamíferos do Atlântico Sul. No entanto, a quase totalidade dos dados são relativos a concentrações em base lipídica (e não peso úmido), de forma que comparações diretas com os dados do PMP-BS, como hoje eles são reportados, não são possíveis. De qualquer forma, é reconhecido que a região é um *hotspot* de contaminação para POPs para cetáceos (LAILSON-BRITO *et al.*, 2010; LAILSON-BRITO *et al.*, 2012; DE OLIVEIRA-FERREIRA *et al.*, 2021; BRIÃO *et al.*, 2024), o que vem ao encontro dos resultados reportados acima e confirma a observação de que mamíferos marinhos são espécies com alto potencial de bioacumulação de POPs (e.g., JEPSON *et al.*, 2016).



**Figura 6.4-7–** Concentrações média e mediana de ΣPCBs (painel superior) e ΣDDT (painel inferior) considerando todas as amostras de TCH de animais da Classe Mammalia coletados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023. Valores em ng g<sup>-1</sup> (peso úmido).

### Tartarugas-marinhas – ΣPCBs e ΣDDTs

Entre as três espécies de Reptilia com amostras de TCH analisadas para contaminantes organoclorados no período do PMP-BS, são registradas concentrações médias acima do limite de quantificação do método para as três espécies para ΣPCBs e apenas para *Chelonia mydas* para ΣDDTs.

Das 155 amostras de TCH de *Chelonia mydas* analisadas para PCBs, 35,7% (n = 42) apresentaram resultados acima do limite de quantificação do método, com concentração média de 3,2 ± 11,3 ng g<sup>-1</sup>. Para a espécie *Caretta*

*caretta*, das 14 amostras de TCH analisadas, 67% ( $n = 2$ ) apresentaram resultados quantificáveis, com concentração média de  $144 \pm 184 \text{ ng g}^{-1}$ . Apenas quatro amostras de *Chelonia mydas* apresentaram traços de DDT, ou seja, valores inferiores a  $10 \text{ ng g}^{-1}$  em algumas amostras, mas com mediana igual ao limite de quantificação.

#### **6.4.4 Variação de HPAs e organohalogenados por sexo e estágio de desenvolvimento**

Para refinar a avaliação sobre a presença e distribuição de HPAs e contaminantes halogenados nos tetrápodes marinhos, os dados temporais como registrado no SIMBA foram comparados em função do sexo dos animais (macho, fêmea, indefinido) e estágio de desenvolvimento (feto, filhote, juvenil, adulto e indeterminado), considerando em separado os tecidos (TCH e TCA) ao longo de todos os anos de PMP-BS.

Inicialmente, foi feita a contagem de amostras segundo as variáveis consideradas (classe, espécie, ano coleta, tecido, classe de contaminante, sexo e estágio desenvolvimento), sendo computados para estatística comparativa subconjuntos com ao menos 50 ocorrências. A partir desta ocorrência, foram escolhidos três grupos de contaminantes –  $\Sigma$ HPAs,  $\Sigma$ PCBs e  $\Sigma$ DDTs – cujas ocorrências, conforme discutido nos itens anteriores, foram mais relevantes ao longo do PMP-BS.

A contagem e as subsequentes análises sobre variação de HPAs e organohalogenados segundo as variáveis definidas serão discutidas a seguir, para cada tecido analisado (TCH e TCA).

#### **Sexo x TCH: variação de contaminantes orgânicos no período 2016-2023**

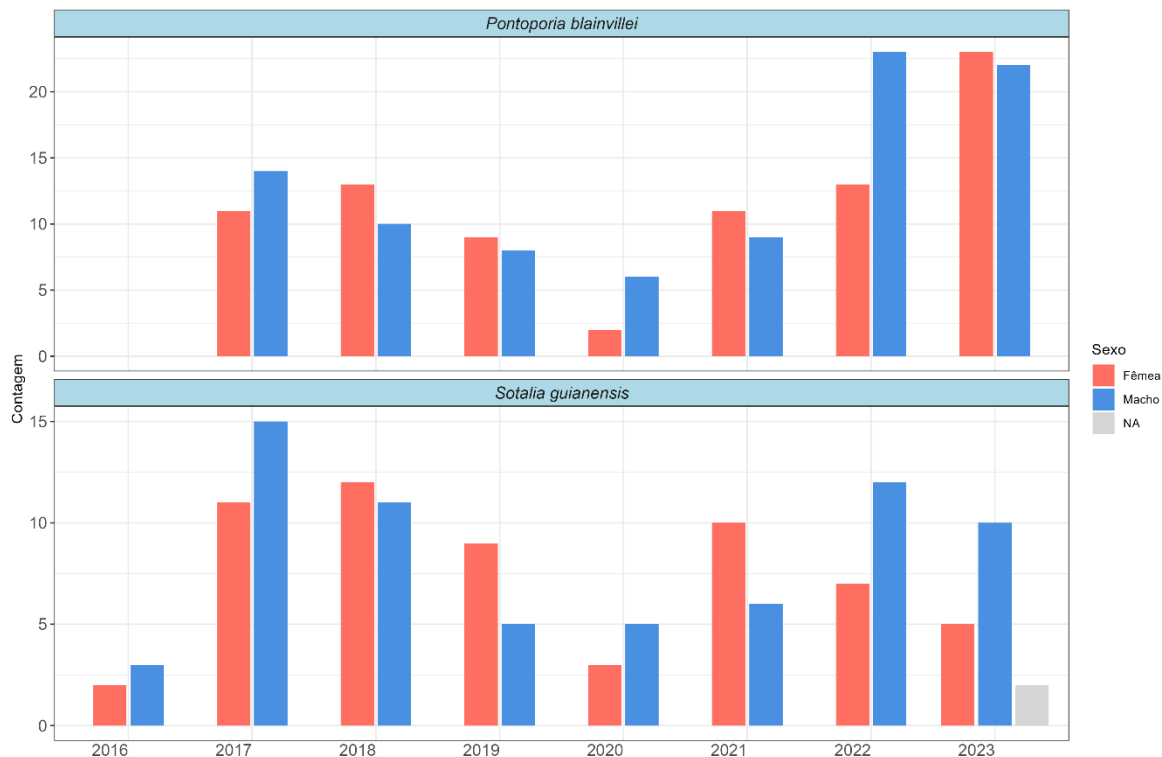
Foram coletadas amostras de 51 espécies de Aves ao longo do PMP-BS (**Tabela 6.4-1**), mas somente em cinco delas houve mais de 50 amostras de TCH para cada sexo: *Larus dominicanus*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Puffinus puffinus*, *Spheniscus magellanicus*, *Sula leucogaster* (**Figura 6.4-8**). Entre os mamíferos, do total de 24 espécies amostradas ao longo do PMP-BS, apenas em duas delas houve mais de 50 amostras de TCH para cada sexo: *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guinensis* (**Figura 6.4-9**). Por fim, entre os animais da Classe

Reptilia, do total de cinco espécies encontradas pelo PMP-BS, apenas para *Chelonia mydas* houve mais de 50 amostras de TCH para cada sexo (**Figura 6.4-10**).

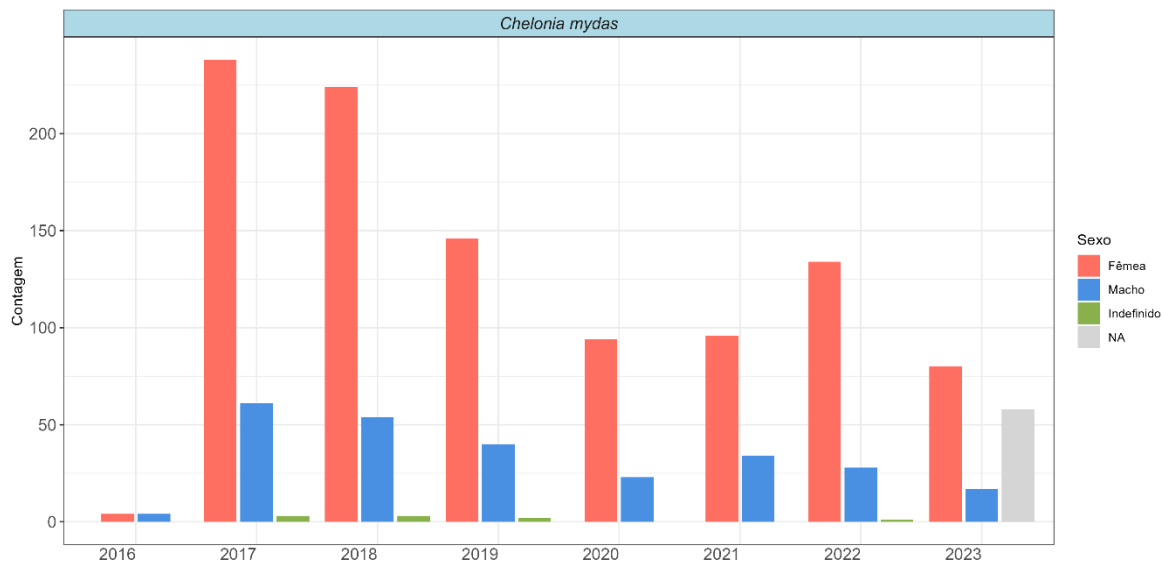


**Figura 6.4-8** – Contagem de amostras de TCH de AVES segundo o sexo dos animais, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023.





**Figura 6.4-9** – Contagem de amostras de TCH de MAMMALIA segundo o sexo dos animais, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023.

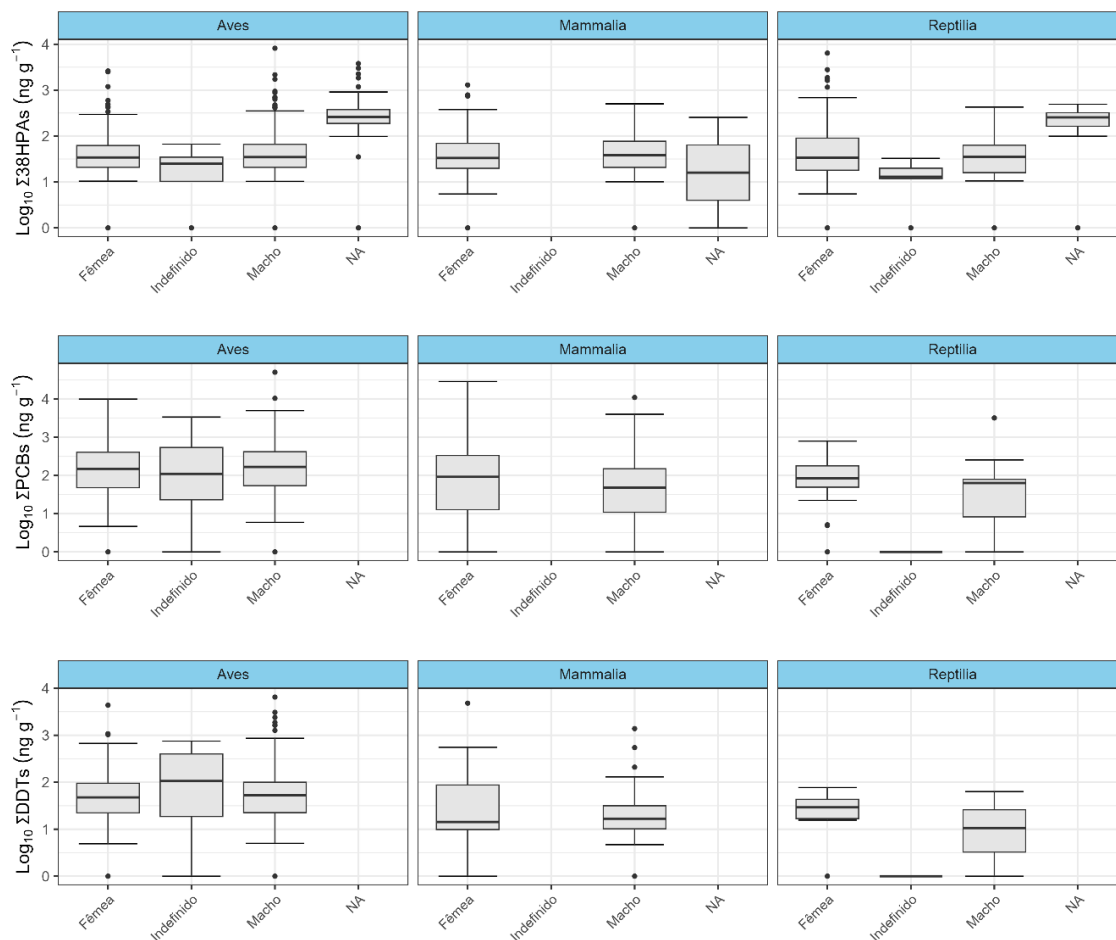


**Figura 6.4-10** – Contagem de amostras de TCH de REPTILIA segundo o sexo dos animais, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023.

Em todas as três classes há muita diferença no número amostral de cada sexo na comparação anual, assim como o número de amostras de determinado sexo difere significativamente em alguns anos. Estas características dificultam uma comparação ano a ano para cada sexo, somente

sendo possível comparar eventuais diferenças entre sexo para o conjunto de amostras coletadas em todos os anos (2016-2023) do PMP-BS. Os resultados desta comparação – o qual considera espécies com mais de 50 amostras coletadas em todo o período –, considerando o teste de Mann-Whitney, revelam os seguintes aspectos (**Figura 6.4-11**):

- i. para o  $\Sigma 37\text{HPAs}$ , as medianas de concentração são equivalentes ao limite de quantificação para as três classes de tetrápodes. No caso da Classe Aves, há 1.263 resultados de HPAs para Aves fêmeas, e assim os valores *outliers* entre 100 e  $>1.000 \text{ ng g}^{-1}$  na figura não são suficientes para mudar o valor mediano. O mesmo ocorre com as fêmeas da Classe Reptilia. Desta forma, não há diferença dos níveis de HPAs entre sexo para Aves, Mammalia e Reptilia, considerando o conjunto de amostras para os anos 2016 a 2023;
- ii. para o  $\Sigma \text{PCBs}$ , pode-se observar uma tendência a concentrações na ordem Aves>Mammalia>Reptilia, com medianas de concentração da ordem de  $100 \text{ ng g}^{-1}$ ,  $10 \text{ ng g}^{-1}$  e perto de zero, respectivamente. Mas, também para esta classe de contaminante, não há diferença de concentração entre macho e fêmea para as três classes de tetrápodes;
- iii. para o  $\Sigma \text{DDTs}$ , também se observa o gradiente decrescente de concentração entre Aves>Mammalia>Reptilia, e novamente não há diferença significativa entre sexo de animais em cada classe no conjunto de amostras do PMP-BS.

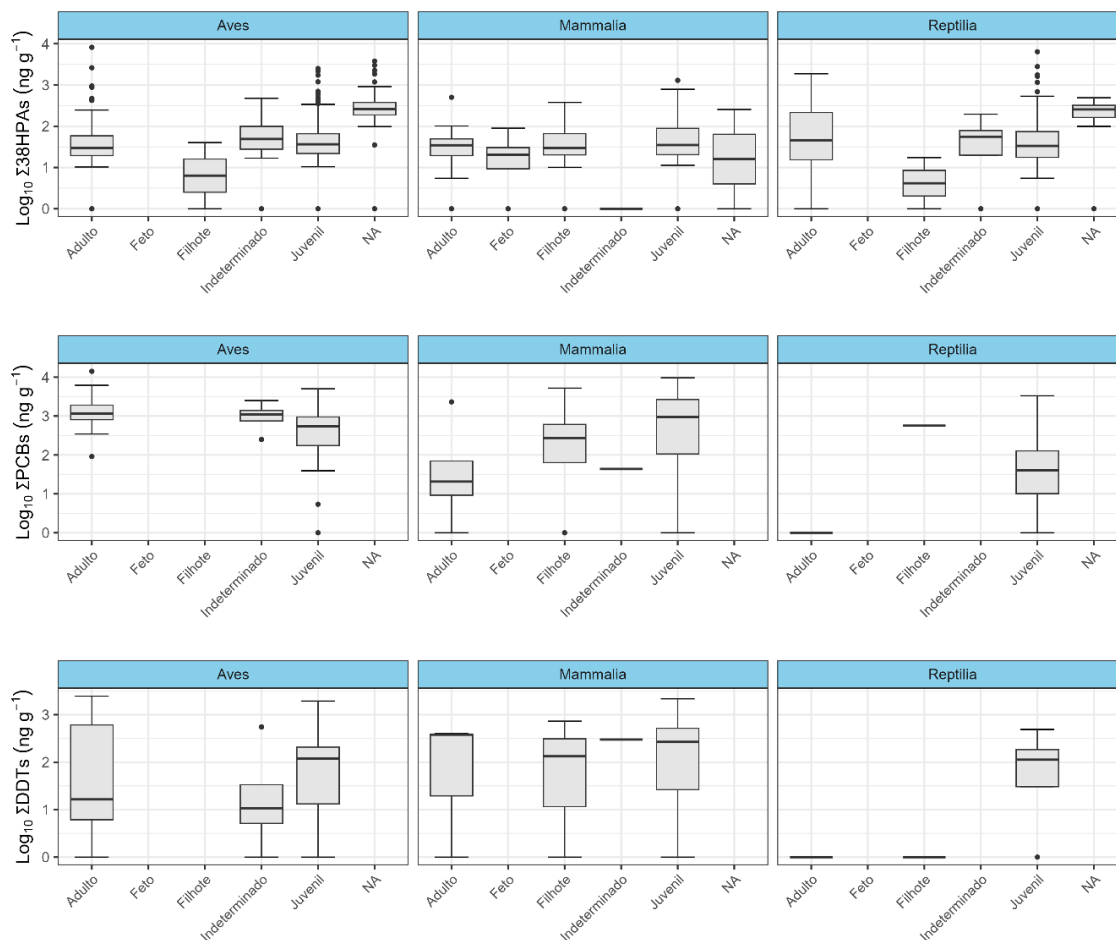


**Figura 6.4-11** – Tecido hepático: variação da concentração (ng g<sup>-1</sup>; escala log) de HPAs (a), PCB (b) e DDTs (c) para as três classes de tetrápodes em função de sexo, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023. São consideradas apenas as espécies com mais de 50 amostras coletadas em todo o período (ver texto para detalhes). Legenda: mediana (linha horizontal), percentis (caixas), faixa entre outliers (whiskers) e outliers (pontos pretos); pontos vazados representam cada amostra individual. O número total de dados de cada contaminante aparece acima da barra correspondente.

### **Sexo x TCA: variação de contaminantes orgânicos no período 2016-2023**

Para o TCA, existem mais de 50 amostras coletadas no PMP-BS (2016-2023) para a espécie *Spheniscus magellanicus* (Aves), para as espécies *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis* (Mammalia) e para a espécie *Chelonia mydas* e *Caretta caretta* (Reptilia). Ressalta-se que o número de amostras de TCA é bem inferior ao de TCH (ver item 6.3.1 - Quantitativo de amostras de tetrápodes analisadas em 2023), o que limita ainda mais a comparação estatística de contaminantes na gordura em função do sexo dos animais.

No caso dos  $\Sigma 37$ HPAs, todas as medianas de concentração para as três classes de animais são equivalentes ao limite de quantificação da metodologia – exceto para três exemplares de Reptilia com sexo indefinido, sendo um número não representativo (**Figura 6.4-12a**). Portanto, não há nenhuma comparação a ser feita para os HPAs em relação a diferenças de concentração no TCA em função do sexo dos animais. Para  $\Sigma$ PCBs (**Figura 6.4-12b**) e  $\Sigma$ DDTs (**Figura 6.4-12c**), não há dados para Aves e, para Mammalia e Reptilia, as medianas de concentração são equivalentes aos respectivos limites de quantificação.

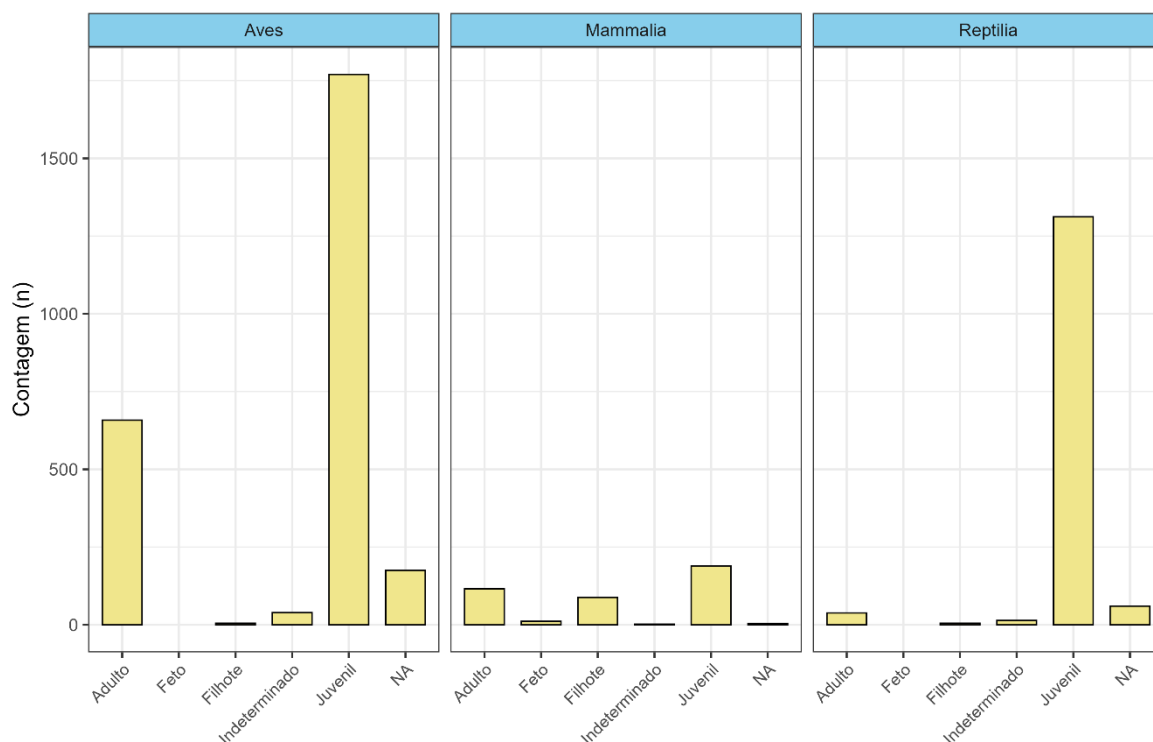


**Figura 6.4-12–** Tecido adiposo: variação da concentração (ng g<sup>-1</sup>; escala log) de HPAs (a), PCB (b) e DDTs (c) para as três classes de tetrápodes em função de sexo, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023. São consideradas apenas as espécies com mais de 50 amostras coletadas em todo o período (ver texto para detalhes). Legenda: mediana (linha horizontal), percentis (caixas), faixa entre outliers (whiskers) e outliers (pontos pretos); pontos vazados representam cada amostra individual. O número total de dados de cada contaminante aparece acima da barra correspondente.

### **Estágio de desenvolvimento × TCH: variação de contaminantes orgânicos no período 2016-2023**

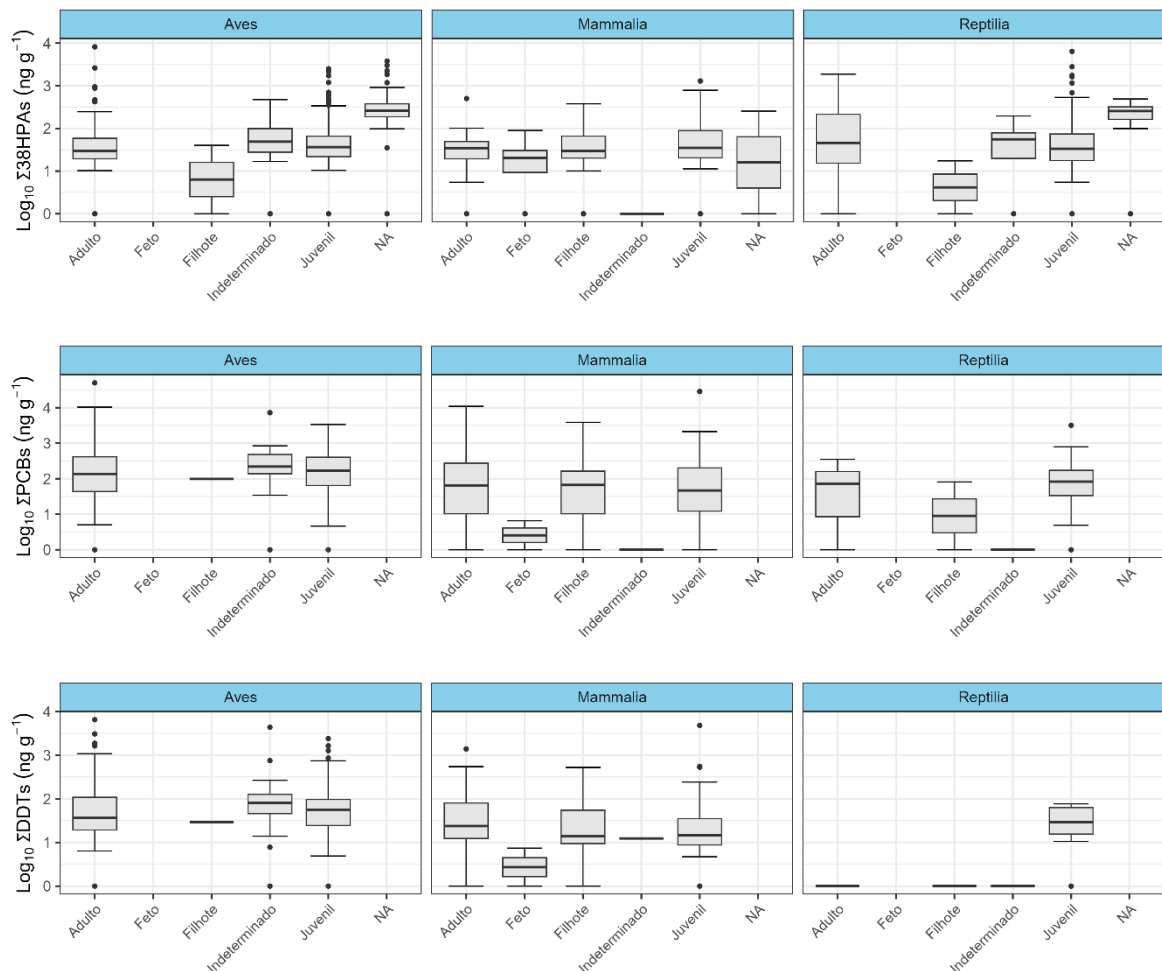
A **Figura 6.4-13** apresenta a contagem de amostras em cada classe de tetrápodes de acordo com os estágios de desenvolvimento definidos no projeto (adulto, feto, filhote, indeterminado e juvenil). Nota-se uma grande diferença na contagem para cada estágio para Aves e Reptilia, com forte predomínio de indivíduos juvenis. Por outro lado, para Mammalia, há número semelhante de amostras entre adultos juvenis e filhotes. Assim como já descrito no item 0,

foram cinco espécies de Aves (*Larus dominicanus*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Puffinus puffinus*, *Spheniscus magellanicus*, *Sula leucogaster*), duas espécies de mamíferos (*Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guinensis*) e uma espécie de tartaruga (*Chelonia mydas*) que tiveram contagem maior do 50 amostras ao longo do PMP-BS (2016-2023).



**Figura 6.4-13** – Contagem de amostras de TCH nas três classes de tetrápodes segundo o estágio de desenvolvimento do animal, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023.

A **Figura 6.4-14** traz as variações de concentração para HPAs, PCBs e DDTs. Em todos os casos, não há diferença significativa destas classes de contaminantes segundo o estágio de desenvolvimento dos animais nas três classes de tetrápodes marinhos analisadas no PMP-BS.



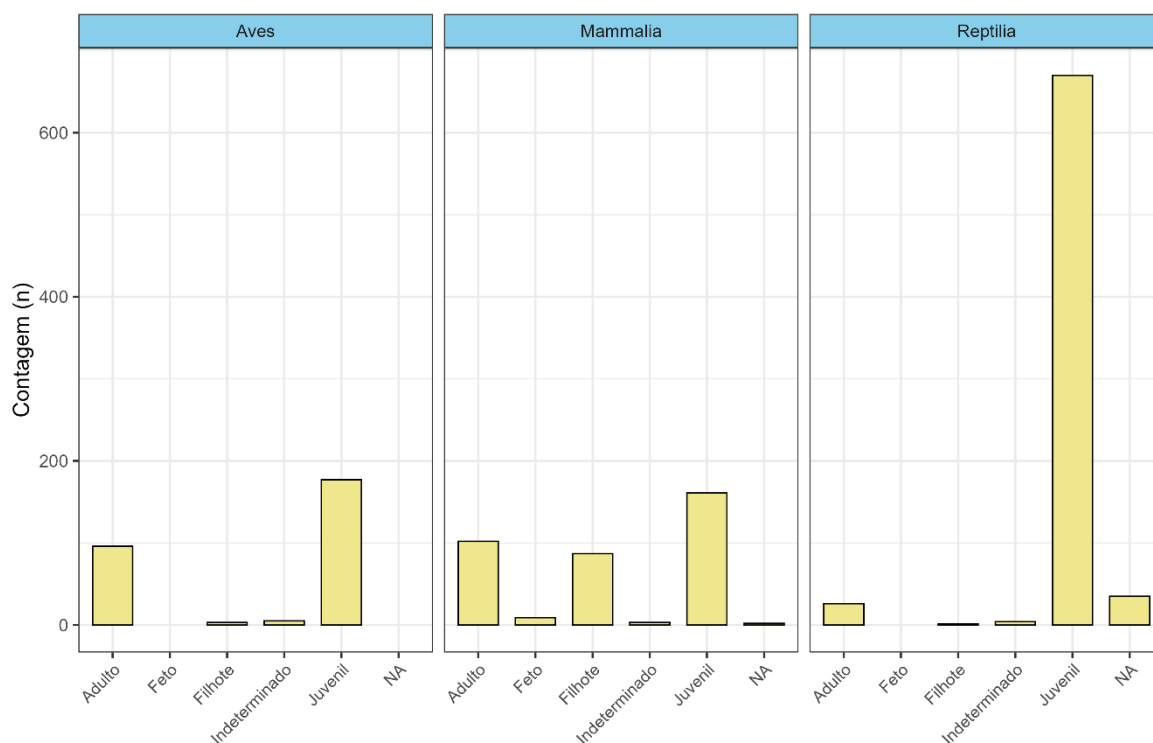
**Figura 6.4-14** – Tecido hepático: variação da concentração (ng g<sup>-1</sup>; escala log) de HPAs (a), PCB (b) e DDTs (c) para as três classes de tetrápodes em função do estágio de desenvolvimento, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023. Legenda: mediana (linha horizontal), percentis (caixas), faixa entre outliers (whiskers) e outliers (pontos pretos); pontos vazados representam cada amostra individual. O número total de dados de cada contaminante aparece acima da barra correspondente.

### **Estágio de desenvolvimento × TCA: variação de contaminantes orgânicos no período 2016-2023**

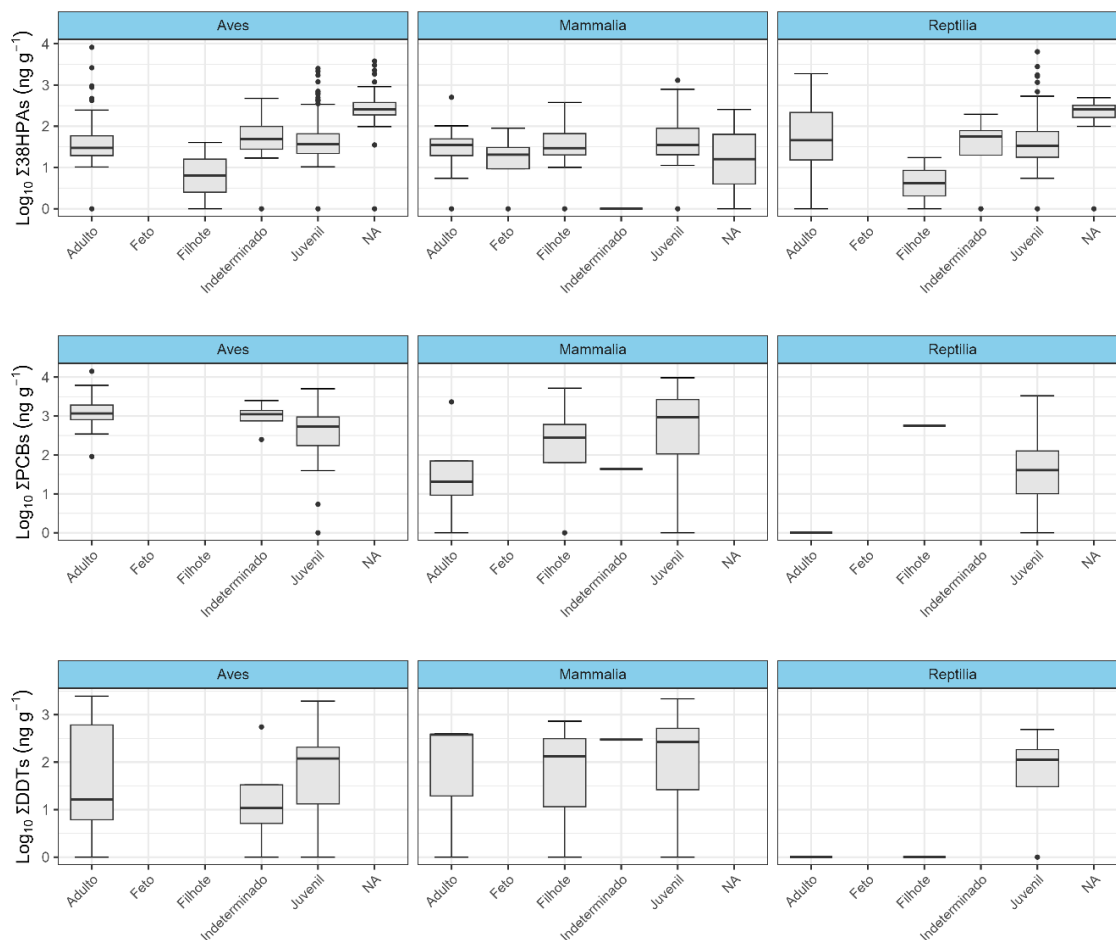
Como já discutido em relação à comparação por sexo para TCA (item 0), há um número comparativamente pequeno de amostras de TCA em relação ao TCH. Para Aves (*Spheniscus magellanicus* com n>50) e, principalmente, em Reptilia (*Chelonia mydas* com n>50), predominam indivíduos juvenis, sendo que para Mammalia (*Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis* com n>50) há certa similaridade no número amostral entre adultos, filhotes e juvenis (**Figura 6.4-15**). Em todas as comparações realizadas para HPAs, PCBs e



DDTs em função do estágio de desenvolvimento, não foi observada diferença significativa de concentração segundo o teste de Mann Whitney (**Figura 6.4-16**).



**Figura 6.4-15** – Contagem de amostras de TCA nas três classes de tetrápodes segundo o estágio de desenvolvimento do animal, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023.



**Figura 6.4-16** – Tecido adiposo: variação da concentração (ng g<sup>-1</sup>; escala log) de HPAs (a), PCB (b) e DDTs (c) para as três classes de tetrápodes em função do estágio de desenvolvimento, considerando resultados gerados pelo PMP-BS entre 2016 e 2023. Legenda: mediana (linha horizontal), percentis (caixas), faixa entre outliers (whiskers) e outliers (pontos pretos); pontos vazados representam cada amostra individual. O número total de dados de cada contaminante aparece acima da barra correspondente.

## 6.5 Considerações

Neste relatório foram apresentados em detalhes os resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, em dois somatórios (Σ<sub>16</sub>HPAs e Σ<sub>37</sub>HPAs), bifenilas policloradas (PCB), éteres bifenilos bromados (PBDE) e pesticidas clorados (DDTs totais, soma HCH, drins totais, clordanas totais, endosulfan, metoxicloro e mirex). Considerando a soma de TCH e TCA, foram analisadas em 2023 um total de 243 aves, 131 mamíferos e 259 de répteis contemplando 633 amostras. Desde o início do PMP-BS, incluindo dados apresentados pela USP e PUC-Rio, foram analisadas 5.867 amostras: 2928

amostras de 51 espécies de Aves, 774 amostras de 24 espécies de Mammalia e 2.165 amostras de cinco espécies de Reptilia para ao menos um contaminante orgânico (HPAs, PCBs, PBDEs e/ou pesticidas organoclorados) em TCH e TCA.

As mesorregiões no estado de São Paulo contemplam um número mais elevado de amostras analisadas para contaminantes orgânicos, em comparação com as mesorregiões em Santa Catarina, Paraná e Rio de Janeiro. Isto introduz uma tendência na distribuição das concentrações de HPAs e organohalogenados que deve ser considerada na avaliação espacial dos dados. Em termos de avaliação temporal, não foram observadas tendências de aumento de concentração de nenhuma das categorias de contaminantes consideradas no PMP-BS.

Outra característica no conjunto de dados é a grande variabilidade de concentração para HPAs e contaminantes organohalogenados entre as espécies de cada classe, assim como entre os indivíduos de uma mesma espécie. Desta forma, não é possível definir valores 'típicos' de contaminantes no nível de classe, devendo ser considerados os níveis de contaminação por espécie. Em função desta variabilidade intraespecífica na presença de contaminantes, há grande diferença nas concentrações médias e medianas, sendo estas últimas equivalentes ao limite de quantificação da metodologia para boa parte das espécies.

Os contaminantes com maior frequência de detecção foram os HPAs, PCBs e  $\Sigma$ DDTs, enquanto PBDE e demais pesticidas organoclorados são ausentes na grande maioria dos animais analisados. Quando presentes, estas classes de contaminantes encontram-se na mesma ordem de grandeza ao observado em alguns trabalhos já realizados no Atlântico Sul – com grande carência de informações sobre Aves – ou mesmo em outras áreas costeiras e oceânicas no mundo. Os HPAs detectados apresentam maior contribuição de compostos leves, com dois ou três anéis aromáticos, sugerindo contribuição de fontes petrogênicas; no entanto, em determinadas espécies, principalmente entre os quelônicos, observa-se exposição a fontes pirogênicas de HPAs (i.e., maior contribuição de compostos com quatro a seis anéis), ou a mistura de fontes. Entre os PCBs, foi encontrado o padrão usual ao encontrado na região, com predomínio de congêneres contendo cinco, seis ou sete cloros na sua

estrutura. Para o  $\Sigma$ DDT, há maior frequência de ocorrência do *p,p'*-DDE, um metabólito indicador de que o DDT que é bioacumulado vem de fontes antigas no meio ambiente.

Com base no extenso banco de dados gerados pelo PMP-BS, foram feitas comparações de possíveis diferenças de concentração de contaminantes orgânicos segundo o sexo dos animais e seus estágios de desenvolvimento. Esta análise considerou apenas os contaminantes HPAs, PCBs e DDTs – os mais frequentemente presentes acima do limite de quantificação de cada metodologia – e somente para as espécies com mais de 50 amostras coletadas no período 2016-2023. Pelo teste de Mann Whitney aplicado a valores medianos em cada caso, não foi observada nenhuma diferença estatisticamente significativa no nível de contaminação para cinco espécies de Aves (*Larus dominicanus*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Puffinus puffinus*, *Spheniscus magellanicus*, *Sula leucogaster*), duas de Mammalia (*Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis*) e uma de Reptilia (*Chelonia mydas*) – i.e., aquelas com mais de 50 amostras coletadas – de acordo com o sexo e o estágio de maturidade, sendo considerados os TCH e TCA em separado.

Na literatura, é frequente exprimir concentrações de contaminantes orgânicos em relação ao teor de lipídios, mas sem reportar o teor de lipídios de cada amostra. Com isto, a comparação com a literatura fica mais limitada, uma vez que o PMP-BS reporta em seu banco de Dados do SIMBA, concentrações em relação ao peso úmido do tecido.

## 6.6 Referências – HPA E ORGANOHALOGENADOS

ADAMO, R. D. *et al.* Bioaccumulation and biomagnification of polycyclic aromatic hydrocarbons in aquatic organisms. **Marine Chemistry**, v. 56, p. 45-49, 1997.

ARIENZO, M. *et al.* Comparative study of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in salt gland and liver of loggerhead turtle *Caretta caretta* (Linnaeus, Cheloniidae) stranded along the Mediterranean coast, Southern Italy. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 263, p. 115355, 2023.

AYELE, S. *et al.* Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in carnivorous waterbird species from Lake Ziway, Ethiopia. **SN Applied Sciences**, v. 4, n. 12, p. 333, 2022.

BOEHM, P. D. *et al.* Improving rigor in polycyclic aromatic hydrocarbon source fingerprinting. **Environmental Forensics**, v. 19, n. 3, p. 172-184, 2018.

BRIÃO, J. A. *et al.* Back on top: Resuspended by dredging and other environmental disturbances, organochlorine compounds may affect the health of a dolphin population in a tropical estuary, Sepetiba Bay. **Environmental Pollution**, v. 348, p. 123788, 2024.

CANUEL, E. A. *et al.* Climate change impacts on the organic carbon cycle and the land-sea interface. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 40, p. 685-711, 2012.

COSTA, R. A. *et al.* Persistent organic pollutants and inorganic elements in the Balearic shearwater *Puffinus mauretanicus* wintering off Portugal. **Marine Pollution Bulletin**, v. 108, n. 1, p. 311-316, 2016.

CULLEN, J. A.; MARSHALL, C. D.; HALA, D. Integration of multi-tissue PAH and PCB burdens with biomarker activity in three coastal shark species from the northwestern Gulf of Mexico. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 1158-1172, 2019.

DE OLIVEIRA-FERREIRA, N. *et al.* Long-Term Consequences of High Polychlorinated Biphenyl Exposure: Projected Decline of Delphinid Populations in a Hotspot for Chemical Pollution. **Environmental Science & Technology**, v. 55, n. 22, p. 15149-15161, 2021.

DJOMO, J. E.; GARRIGUES, P.; NARBONNE, J. F. Uptake and depuration of polycyclic aromatic hydrocarbons from sediment by the zebrafish (*Brachydanio Rerio*). **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 15, n. 7, p. 1177-1181, 1996.

HALL, A. J. *et al.* Predicting the effects of polychlorinated biphenyls on cetacean populations through impacts on immunity and calf survival. **Environmental Pollution**, v. 233, p. 407-418, 2018.

JEPSON, P. D. *et al.* PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins in European waters. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 18573, 2016.

KANNAN, K.; PERROTTA, E. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in livers of California sea otters. **Chemosphere**, v. 71, n. 4, p. 649-655, 2008.

LAILSON-BRITO, J. *et al.* High organochlorine accumulation in blubber of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, from Brazilian coast and its use to establish geographical differences among populations. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 5, p. 1800-1808, 2010.

LAILSON-BRITO, J. *et al.* Organochlorine compound accumulation in delphinids from Rio de Janeiro State, southeastern Brazilian coast. **Science of the Total Environment**, v. 433, p. 123-131, 2012.

LÓPEZ-BERENGUER, G. *et al.* Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Mediterranean top marine predators stranded in SE Spain. **Chemosphere**, v. 336, p. 139306, 2023.

LOURENÇO, R. A. *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons in marine mammals: A review and synthesis. **Marine Pollution Bulletin**, v. 171, p. 112699-112699, 2021.

LUZARDO, O. P. *et al.* Assessment of the exposure to organochlorine pesticides, PCBs and PAHs in six species of predatory birds of the Canary Islands, Spain. **Science of the Total Environment**, v. 472, p. 146-153, 2014.

MAGALHÃES, C. A. *et al.* Organochlorine pesticides, PCBs, and PBDEs in liver and muscle tissues of *Paralorchurus brasiliensis*, *Trichiurus lepturus* and *Cathorops spixii* in Santos Bay and surrounding area, São Paulo, Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 16, p. 42-48, 2017.

MEADOR, J. P.; STEIN, J. E.; REICHERT, W. L.; VARANASI, U. Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons. In: WARE, G. W. (Ed.). **Reviews of environmental contamination and toxicology**. Berlin: Springer, 1995. p. 79-166.

MONTONE, R. C. *et al.* Persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in penguins of the genus *Pygoscelis* in Admiralty Bay – An Antarctic specially managed area. **Marine Pollution Bulletin**, v. 106, n. 1, p. 377-382, 2016.

NASO, B. *et al.* Persistent Organochlorine Pollutants in Liver of Birds of Different Trophic Levels from Coastal Areas of Campania, Italy. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 45, n. 3, p. 407-414, 2003.

NAVARRO, A. *et al.* Microplastics ingestion and chemical pollutants in seabirds of Gran Canaria (Canary Islands, Spain). **Marine Pollution Bulletin**, v. 186, p. 114434, 2023.

NEFF, J. M. **Bioaccumulation in marine organisms: effects of contaminants from oil well produced water**. Amsterdam: Elsevier, 2002. 453 p.

QUINETE, N. *et al.* Occurrence and tissue distribution of organochlorinated compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons in Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) from the southeastern coast of Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 749, p. 141473, 2020.

RUDDIMAN, W. F. The Anthropocene. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 41, n. 1, p. 45-68, 2013.

SANGANYADO, E. *et al.* Bioaccumulation of organic pollutants in Indo-Pacific humpback dolphin: A review on current knowledge and future prospects. **Environmental Pollution**, v. 237, p. 111-125, 2018.

SCHANTZ, M. M. *et al.* Certification of Polychlorinated Biphenyl Congeners and Chlorinated Pesticides in a Whale Blubber Standard Reference Material. **Analytical Chemistry**, v. 67, n. 5, p. 901-910, 1995.

SCHWARZENBACH, R. P. *et al.* Global Water Pollution and Human Health. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 35, n. 1, p. 109-136, 2010.

TIAN, J. *et al.* Trophic transfer of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine mammals based on isotopic determination. **Science of the Total Environment**, v. 875, p. 162531, 2023.

TROISI, G. M. *et al.* Polyaromatic Hydrocarbon and PAH Metabolite Burdens in Oiled Common Guillemots (*Uria aalge*) Stranded on the East Coast of England (2001–2002). **Environmental Science & Technology**, v. 40, n. 24, p. 7938-7943, 2006.

VILCA, F. Z. *et al.* Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in liver samples of juvenile green sea turtles from Brazil: Can these compounds play a role in the development of fibropapillomatosis? **Marine Pollution Bulletin**, v. 130, p. 215-222, 2018.

WADE, T. L.; CANTILLO, A. Y. **Use of standards and reference materials in the measurement of chlorinated hydrocarbon residues**. [S.l.: s.n.], 1994.

WASZAK, I. *et al.* Estimation of native and alkylated polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in seabirds from the south coast of the Baltic Sea. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 4, p. 4366-4376, 2021.

YANG, C.; LIM, W.; SONG, G. Mediation of oxidative stress toxicity induced by pyrethroid pesticides in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 234, p. 108758, 2020.

YLITALO, G. *et al.* Determining oil and dispersant exposure in sea turtles from the northern Gulf of Mexico resulting from the Deepwater Horizon oil spill. **Endangered Species Research**, v. 33, p. 9-24, 2017.



## **7. ELEMENTOS TRAÇO**

### **7.1 INTRODUÇÃO**

Os 12 elementos-traço analisados no PMP-BS podem ser divididos em dois grandes grupos: elementos traço essenciais (Cr(III), Cu, Mo, Mn, Ni, V, Zn), que tem função metabólica, com função específica no organismo, cujas concentrações tendem a ser reguladas por processos fisiológicos e elementos-traço não-essenciais (Cr(VI), As, Ba, Cd, Hg, Pb), que não tem função metabólica conhecida, tendem a ser bioacumulados, afetando ou não a saúde dos animais. Os elementos não essenciais podem passar por processos de imobilização, diminuindo ou mesmo suprimindo sua toxicidade ao organismo.

Os elementos traço têm como características serem provenientes de fontes difusas, podendo ser bioacumulados nos organismos e, posteriormente, biomagnificados ao longo da cadeia alimentar. Sua bioacumulação depende de fatores bióticos, tais como tamanho, peso, idade, sexo, alimentação, e de fatores abióticos, tais como distribuição do elemento-traço no ambiente, tipo de habitat, salinidade, pH, temperatura. Em termos genéricos, espera-se que as fêmeas apresentem a tendência de acumular mais elementos essenciais, do que os machos. Por outro lado, espera-se que elementos não essenciais sejam bioacumulados conforme a idade.

Por serem originários de fontes difusas (naturais e antrópicas) nem sempre é possível estabelecer uma relação de causa e efeito entre a concentração de elementos-traço nos indivíduos analisados e uma atividade antrópica específica. No entanto, há estudos que avaliam os elementos-traço derivados de atividades associadas à indústria do petróleo, tal como, Abdullah *et al.* (2012), que avaliaram a deposição de 11 elementos-traço em torno de uma refinaria em Kerteh Terengganu, na Malásia, baseando-se no uso de bioindicadores e análise multivariada, que identificaram a precipitação dos elementos V, Cr, Cu e As no entorno da refinaria como predominantemente originário de suas atividades. Celis-Hernandez *et al.* (2018) realizaram estudo sobre acumulação histórica (dos últimos 100 anos) de elementos-traço em sedimentos marinhos a partir da plataforma Tamaulipas, Golfo do México, na



qual se apontou aumento da concentração dos elementos V, Cr, Zn, Cu, Pb, Zr e Ba.

A partir da revisão de trabalhos publicados em um período de 10 anos (2006 a 2016), segundo o Relatório de Estado da Arte apresentado à Petrobras em outubro de 2017, estabeleceu-se faixas de concentração de elementos-traço em amostras de tecido hepático obtidas pelo PMP-BS, executado pela Petrobras para atendimento de condicionantes ambientais das licenças de operação de suas atividades de E&P na Bacia de Santos (MENEGÁRIO *et al.*, 2017). Os valores para cetáceos, pinípedes, quelônios e aves marinhas são resumidamente apresentados na **Tabela 7.1-1**. Além do fator espécie, estas concentrações, podem variar de acordo com idade (*Puffinus gravis*, BARBIERI *et al.*, 2007; *Chelonia mydas*, BARBIERI, 2009), sexo (aves marinhas, ØVERJORDET *et al.*, 2015), hábitat (aves marinhas, ISHII *et al.*, 2013; VEGA *et al.*, 2010) e preferências alimentares (aves marinhas, CIPRO *et al.*, 2014; cetáceos, LEMOS *et al.*, 2013).

**Tabela 7.1-1** – Concentrações mínimas e máximas de elementos-traço ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), em peso seco, em tecido hepático de cetáceos, quelônios e aves marinhas (MENEGÁRIO *et al.*, 2017).

	Cetáceos	Pinípedes	Quelônios	Aves marinhas
Elemento	Mínimo – Máximo	Mínimo – Máximo	Mínimo – Máximo	Mínimo – Máximo
As	0,414-40,25	0,50-14,0	2,86-87,9	0,073-8,09
Cd	0,002-169	0,008-142	0,05-219,84	<0,01-87,3
Cr	0,03-2,82	0,001-0,945	0,24-2,15	0,001-7,93
Cu	1,38-132	0,09-138	2,47-388,8	0,257-804
Pb	0,00168-2,687	0,003-179	0,06-14,5	0,000014-18,33
Mn	1,51-27,3	0,5-18,8	0,06-14,1	0,71-24,09
Mo	-	0,19-1,34	0,29-1,71	0,2-0,863
Zn	29-2220	6-398	1,32-324,8	11,5-230
Ni	0,008-0,182	0,015-5,09	0,01-30,88	< 0,04-18,3
Ba	0,274	0,16-228	-	-
V	0,03-0,93	0,003-3,86	0,43-17,8	<0,05
Hg	0,11-3737	0,006-557	0,026-2,59	0,08-22,8

Quando considerada a concentração de elementos-traço em tetrápodes marinhos do território brasileiro no mesmo período (2006 a 2016), as espécies mais recorrentes nos estudos foram dentre os cetáceos, *Pontoporia blainvillei*

e *Sotalia guianensis*, dentre os quelônios, *Chelonia mydas*, e dentre as aves marinhas, *Spheniscus magellanicus*, *Puffinus gravis*, *Onychoprion fuscatus*, *Pterodroma arminjoniana* e *Anous stolidus*.

O presente capítulo visa apresentar a determinação de 12 elementos-traço (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba, V e Hg) em tecido hepático (amostras de fígado) de tetrápodes marinhos do PMP-BS, coletados no período de referência (janeiro a dezembro de 2023), incluindo análises estatísticas quanto ao sexo, estágio de desenvolvimento, local e estatística temporal, contemplando os resultados pretéritos, obtidos desde o início da realização das análises de elementos-traço no PMP-BS, em 2017.

## **7.2 MÉTODOS**

Nesta seção é apresentada a metodologia adotada pela PUC Rio, contemplando métodos de recebimento, reamostragem, pré-tratamento, fracionamento, preservação das amostras, digestão, determinação de elementos-traço por ICP- MS e CVAFS e método de tratamento estatístico dos resultados. A metodologia empregada anteriormente pela UNESP encontra-se descrita nos relatórios anteriores elaborados por esta instituição. Como os métodos analíticos empregadas pela UNESP e pela PUC-Rio seguiram a mesma metodologia preconizada pela USEPA, tanto na digestão como na determinação por ICP-MS e CVAFS, não são esperadas diferenças nos resultados em função da troca de instituição.

### **7.2.1 Recebimento, Preparo e Preservação das Amostras**

A coleta de amostras para análise de elementos traço é feita durante a necropsia de carcaças frescas (código 2), que não receberam nenhum tipo de tratamento ou passaram por procedimentos veterinários. As amostras para análise de elementos traço do PMP-BS coletadas desde 1º de janeiro de 2023 até 07 de setembro de 2023, totalizando 377 amostras, foram analisadas pela Centro de Estudos Ambientais (CEA) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), sob responsabilidade do Prof. Dr. Amauri Antônio Menegário. A partir de 08 de setembro de 2023, as amostras coletadas para

análise de elementos traço do PMP-BS, totalizando 39 para o período de referência, passaram a ser analisadas pelo Departamento de Química da PUC-Rio, sob responsabilidade do Prof. Dr. José Marcus Godoy, subcontratado pela Mineral Engenharia e Meio Ambiente, que coordena o PMP-BS na Área SP. Desta forma, os resultados do período de referência contemplam 377 amostras analisadas pela UNESP e 39 amostras analisadas pela PUC-Rio.

### 7.2.2 Recebimento e Reamostragem

Após o recebimento e verificação dos respectivos documentos de custódia, todas as amostras encaminhadas à PUC-Rio foram prontamente armazenadas em ultrafreezer (-80°C). Até 31 de dezembro de 2023, foram recebidas 416 amostras de tecido hepático de tetrápodes marinhos provenientes do PMP-BS para a determinação de elementos-traço. Apresentam-se na **Tabela 7.2-1** detalhes das amostras analisadas quanto aos elementos traço no período de referência, janeiro a dezembro de 2023.

**Tabela 7.2-1** – Número de amostras recebidas e analisadas quanto aos elementos traço em 2023, por área do PMP-BS, os números entre parênteses representam o quantitativo recebido pela PUC-Rio.

Período	Área	Quantidade	Total
01/2023 a 12/2023	ÁREA RJ	38 (3)	416 (39)
	ÁREA SP	315 (29)	
	ÁREA SC/PR	63 (7)	

### 7.2.3 Pré-tratamento, Fracionamento e Preservação das Amostras

As amostras com quantidade aproximada de 10 g de tecido hepático de tetrápodes marinhos encaminhadas à PUC-Rio para análise de elementos-traço, foram subdivididas em três partes. Uma parte, contendo no mínimo 5,0 g de amostra *in natura* foi liofilizada, sendo parte da amostra seca destinada à análise de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V, e o restante armazenado em tubos de centrífuga de polipropileno (PP) dentro de dessecadores (no caso de necessidade de análise confirmatória ou evidência de erros analíticos nas determinações dos mencionados analitos). Uma segunda parte, contendo

aproximadamente 0,5 g *in natura*, foi destinada à análise de Hg. A terceira fração, contendo a massa restante da amostra *in natura* (essa quantidade variou de acordo com a massa de amostra recebida), foi devidamente armazenada em tubos de centrífuga de polipropileno (PP) em ultrafreezer a -80°C para os casos de necessidade de análise confirmatória ou evidência de erros analíticos nas determinações.

## **7.2.4 Métodos de Análise Química**

### **Tratamento das Amostras**

#### **Liofilização**

Após o processo de pré-tratamento a fração da amostra destinada à determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V foi submetida ao processo de liofilização. O método consistiu, inicialmente, em pesar a amostra (aproximadamente 5 g) e, posteriormente, introduzi-la congelada (aproximadamente -80°C) em um liofilizador (L101, Liobras). A liofilização foi conduzida nas seguintes condições: temperatura (-40°C) e pressão (50 µHg) durante 72 horas. Ao fim do processo de liofilização, a amostra foi pesada novamente. O teor de umidade da amostra foi obtido através da diferença de massa da amostra antes e depois do procedimento de liofilização.

Ao final da liofilização a amostra seca foi acondicionada em frasco de plástico (previamente descontaminados com HNO<sub>3</sub> 10% V/V) e armazenada em dessecador, até ser submetida ao procedimento de digestão.

#### **Digestão das Amostras para Determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V**

O método empregado para as digestões das amostras (visando a determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V) foi adaptado a partir do protocolo EPA 3050b, utilizando bloco de aquecimento eletronicamente controlado (*DigiPREP MS*, SCP SCIENCE). Uma alíquota entre 0,2 e 0,5 g da amostra foi pesada com precisão de 0,1 mg e adicionados 10,0 mL de ácido nítrico concentrado bidestilado. O frasco foi fechado e armazenado por pelo menos 12 horas. Passado esse tempo o sistema foi

submetido a aquecimento em placa de aquecimento a 90°C por 3 horas ou até a dissolução completa da amostra.

Após a dissolução, os frascos foram mantidos na capela a temperatura ambiente por 1 hora para resfriamento, as soluções foram avolumadas para 20 mL e posteriormente armazenadas em geladeira.

### **Diluição do extrato**

As soluções das amostras armazenadas em geladeira foram deixadas na bancada do laboratório, por pelo menos 1 hora para atingirem a temperatura ambiente e depois diluídas. As diluições foram feitas em triplicata, transferindo uma alíquota de 1,0 ml da amostra acrescidos de 9 ml de água ultrapura, com o auxílio de um dispensador, para um tubo tipo falcon de 13 ml.

### **Digestão das Amostras para Determinação de Hg**

O procedimento para digestão das amostras para determinação de Hg foi adaptado do método USEPA 245.6 e consiste em pesar uma alíquota entre 0,2 e 0,5 g da amostra com precisão de 0,1 mg em tubo tipo falcon de 50 ml e adicionar 10 mL de solução sulfonítrica (0,1%  $m/m$  de  $V_2O_5$  em mistura de  $HNO_3$  e  $H_2SO_4$  1:1) para dissolução total do material. Posteriormente, a amostra foi aquecida a 90°C, em bloco de aquecimento por 1 hora.

Após resfriamento à temperatura ambiente, à solução resultante foi adicionado um excesso de solução de  $KMnO_4$  5%  $m/v$  até a manutenção da sua forma oxidada indicada pela coloração violeta na solução. Esta solução foi armazenada em geladeira, por no máximo cinco dias, até o momento da determinação instrumental.

## **7.2.5 Determinações**

### **ICP-MS**

As determinações foram realizadas no espectrômetro NexION 300X (PerkinElmer, EUA), empregando nebulizador concêntrico e câmara de nebulização ciclônica (ambos *Glass Expansion*, EUA) e injetor de quartzo de 2,0 mm de diâmetro interno (PerkinElmer). As condições operacionais foram: 1.100 W de potência da radiofrequência, 17 L  $min^{-1}$  de vazão de argônio do

plasma, 1,0 L min<sup>-1</sup> de vazão de argônio auxiliar, 0,94 mL min<sup>-1</sup> de vazão de argônio nebulizador.

### ***Determinações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V***

As determinações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, Ba e V tiveram como base o protocolo *Environmental Protection Agency – EPA 6020A*. O método prevê o uso de padrão interno e equações de correção para as superações de interferências.

As soluções analíticas foram preparadas em tubos Falcon de 15 mL a partir de soluções-padrão multielementares (Certipur®, Merck) por diluição com solução aquosa de ácido nítrico 1,0%. Foram preparadas sete soluções analíticas para cada elemento e o branco da curva de calibração foi uma solução 1,0% de ácido nítrico. Foi usada como padrão interno uma solução de Rh 5,0 µg L<sup>-1</sup>, introduzida em linha, com todas as soluções (brancos, soluções analíticas e amostras), através de uma conexão em Y.

O limite de detecção instrumental (LOD<sub>inst</sub>) foi calculado como três vezes o desvio padrão de 10 medidas do branco dividido pela sensibilidade da curva. O limite de detecção do método foi calculado com o LOD<sub>inst</sub> multiplicado pelo fator de diluição da amostra.

### ***Garantia da qualidade***

Para garantir a qualidade dos resultados obtidos, todas as bateladas de preparo das amostras no bloco de aquecimento foram acompanhadas, em paralelo, por dois brancos de preparo contendo todos os reagentes utilizados e uma replicata do material certificado DOLT-3 (*Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*, NRCC, Canadá) submetida ao mesmo processo de decomposição.

Foram considerados os seguintes critérios de qualidade para validação do procedimento analítico:

- I. A concentração calculada para os brancos de método deve ser inferior ou próxima ao limite de detecção do método.

- II. Os valores de recuperação do material certificado DOLT-3, que acompanha cada batelada de preparo de amostras, devem estar entre 80 e 110%.

Além dos controles de qualidade citados anteriormente, a cada 15 soluções analisadas (cinco amostras), foi feita a medida de uma solução padrão de concentração intermediária da curva analítica para verificar possíveis variações na resposta do equipamento. Nos casos em que a medida de contagem do padrão utilizado foi 20% diferente do valor obtido para ele, quando medido com a curva analítica, o sistema foi limpo pela introdução do branco durante cinco minutos e nova verificação do padrão foi realizada. Quando mantida a diferença maior do que 20% do sinal original do branco, o sistema foi desligado para proceder a uma limpeza manual do sistema de introdução. Nesse caso, todas as soluções medidas após a verificação anterior com o padrão de controle foram reanalisadas.

Para determinação da exatidão do método baseado em determinações por ICP-MS, foi utilizado o material de referência certificado (CRM) DOLT-3 (*Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*, NRCC, Canadá) submetida ao mesmo processo de decomposição das amostras.

Na **Tabela 7.2-2** estão apresentados os resultados das análises das amostras DOLT-3 utilizando ICP-MS. Os resultados apresentados para o material certificado (CRM) correspondem a uma média de análises realizadas entre dezembro de 2023 e abril de 2024. Cada batelada de preparo de amostras foi acompanhada por uma amostra CRM diluída e analisada em triplicada.

A **Tabela 7.2-2** mostra que resultados obtidos para o CRM apresentaram recuperações satisfatórias para a determinação de elementos-traço. Assim, conclui-se que o método utilizado na CAPLH, PUC-Rio satisfaz critérios de exatidão para a determinação de As, Cd, Cu, Ni, Pb e Zn por ICP-MS.



**Tabela 7.2-2** – Análise das amostras DOLT-3 (Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals, NRCC, Canadá) por ICP-MS (Peso seco – mg kg<sup>-1</sup>). Média ± Desvio Padrão (M ± DP). Recuperação (R%).

Elemento	DOLT-3 (Certificado)	DOLT-3 (Obtido)	DOLT-3 (Obtido)
	(mg kg <sup>-1</sup> )	M ± DP (mg kg <sup>-1</sup> )	R %
As	10,2 ± 0,5	9,6 ± 0,3	94,1%
Cd	19,4 ± 0,6	18,6 ± 0,4	95,7%
Cu	31,2 ± 1,0	30,2 ± 1,9	96,8%
Ni	2,72 ± 0,35	2,7 ± 0,21	99,3%
Pb	0,32 ± 0,05	0,32 ± 0,05	101%
Zn	86,6 ± 2,4	84,2 ± 3,7	97,3%

### **Determinação de mercúrio por geração de vapor frio acoplado a espectrometria de absorção atômica (cvaas)**

As determinações foram realizadas em um espectrômetro de absorção atômica modelo RA-915 equipado com gerador de vapor frio modelo RP-91 (LUMEX, Rússia).

### **Determinação de Hg**

O procedimento para a determinação da concentração de Hg na solução consiste em adicionar no momento da determinação instrumental volume suficiente de uma solução de cloridrato de hidroxilamina 10% m/v apenas para a redução do excesso de KMnO<sub>4</sub>, indicado pelo descoramento da solução violeta; então a solução foi avolumada a 50 mL, homogeneizada, sendo retiradas três alíquotas de 10 mL para o frasco de geração de vapor frio de mercúrio.

A redução do íon mercurioso (Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>) a mercúrio elementar (Hg<sup>0</sup>) foi realizada com a adição de 1,0 mL de solução de cloreto estano 20% m/v ao frasco reacional do equipamento. Utilizou-se ar comprimido, numa vazão de 2,0 L min<sup>-1</sup>, para promover uma vigorosa agitação da solução e consequentemente a liberação do vapor frio de mercúrio, este vapor é então conduzido para a célula de absorção com o auxílio do ar comprimido, o que permitiu a quantificação do mercúrio nas soluções de trabalho.

A partir dos dados de preparo da amostra e curva de calibração, calculou-se a concentração deste metal em mg kg<sup>-1</sup>. O cálculo do limite de detecção foi



realizado a partir da razão entre três desvios padrão das leituras do branco instrumental e o coeficiente angular da curva de calibração.

### **Garantia da qualidade**

Para garantir a qualidade dos resultados obtidos, todas as bateladas de preparo das amostras foram acompanhadas, em paralelo, por dois brancos contendo todos os reagentes utilizados e uma replicata do material certificado DOLT-3 (*Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*, NRCC, Canadá) submetida ao mesmo processo de decomposição adotado para as amostras.

Foram considerados os seguintes critérios de qualidade para validação do procedimento analítico:

- I. A concentração calculada para os brancos de método deve ser inferior ou próxima ao limite de detecção do método.
- II. Os valores de recuperação do material certificado DOLT-3, que acompanha cada batelada de preparo de amostras, devem estar entre 80 e 110%.

Além dos controles de qualidade citados anteriormente, a cada nove soluções analisadas (três amostras), foi feita a medida de uma solução padrão de concentração intermediária da curva analítica para verificar possíveis variações na resposta do equipamento. Nos casos em que a medida de intensidade do padrão utilizado foi 20% diferente do valor obtido para ele, quando medido com a curva analítica, o sistema foi recalibrado para a continuação das análises. Nesse caso, todas as soluções medidas após a verificação anterior com o padrão de controle foram reanalisadas.

Na **Tabela 7.2-3** estão apresentados os resultados para Hg da análise da amostra (CRM) DOLT-3 (*Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*, NRCC, Canadá).

**Tabela 7.2-3** – Determinação de Hg DOLT-3 (*Dogfish Liver Certified Reference Material for Trace Metals*, NRCC, Canadá) por CVAAS (Peso seco – mg kg<sup>-1</sup>). Média ± Desvio Padrão (M ± DP). Recuperação (R%).

Elemento	DOLT-3 (Certificado)	DOLT-3 (Obtido)	DOLT-3 (Obtido)
	(mg kg <sup>-1</sup> )	M ± DP (mg kg <sup>-1</sup> )	R %
Hg	3,37 ± 0,14	3,18 ± 0,16	94,3%

A **Tabela 7.2-3** mostra que os resultados obtidos para o CRM apresentaram uma boa recuperação do analito. Assim, conclui-se que o método implantado para a determinação de Hg por CVAAS satisfaz critérios de exatidão.

### **Limite de Detecção e Limite de Quantificação**

O Limite de Detecção (LD) e Limite de Quantificação (LQ) para os métodos implantados foram determinados segundo normas do Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO, 2008). Para cálculo do LD foi considerado o valor  $t$  (*Student*) para  $n = 9$  com intervalo de confiança de 99%.

Durante o período de trabalho foram observadas variações nos valores de LD e LQ determinados para os métodos. Estas variações foram atribuídas a pouca massa de amostra obtida após o processo de liofilização. Na **Tabela 7.2-4** são apresentados os valores de LD e LQ estabelecidos para os métodos de análises (INMETRO, 2008). Para cálculo do LD foi utilizado a equação:

$$LD = 3,3 s / b$$

Em que:

- $s$  = desvio padrão da resposta de 10 medidas do branco
- $b$  = coeficiente angular da curva analítica

Na **Tabela 7.2-4** são apresentados os valores de LD e LQ estabelecidos para os métodos de análises. Nota-se que os valores alcançados são iguais ou melhores àqueles alcançados pela UNESP, em particular, para Zn e Ba.

**Tabela 7.2-4** – Limite de Detecção e Limite de Quantificação (Peso seco –  $\text{mg kg}^{-1}$ ) estabelecidos para a determinação dos analitos.

Elemento	PUC-Rio		UNESP	
	LD	LQ	LD	LQ
As	0,02	0,06	0,03	0,1
Cd	0,02	0,05	0,02	0,04
Cr	0,05	0,16	0,1	0,2
Cu	0,02	0,06	0,1	0,2
Pb	0,01	0,03	0,01	0,05

Elemento	PUC-Rio		UNESP	
	LD	LQ	LD	LQ
Mn	0,01	0,03	0,1	0,2
Mo	0,005	0,02	0,1	0,2
Zn	0,10	0,30	5	15
Ni	0,025	0,078	0,1	0,2
Ba	0,01	0,03	0,1	0,2
V	0,05	0,17	0,02	0,07
Hg	0,005	0,01	0,005	0,01

### 7.2.6 Tratamento Estatístico dos Resultados

Como ferramenta para interpretação dos resultados, as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *Excel* e os softwares *Statistica* e *SigmaPlot*. Foram levados em consideração os fatores: espécie (correspondente às amostras das espécies de tetrápodes analisadas), localização (correspondente a instituição de coleta, denominado por mesorregião), sexo (correspondente ao sexo dos indivíduos coletados) e idade (correspondente ao estágio do desenvolvimento dos indivíduos coletados). Também foi realizada uma avaliação temporal dos resultados das análises das espécies para amostras coletadas entre os anos 2015 e 2023.

Primeiramente, foram realizadas as análises descritivas as sete espécies de maior ocorrência no período de referência (*Spheniscus magellanicus*, n = 156; *Larus dominicanus*, n = 20; *Phalacrocorax brasilianus*, n = 11; *Chelonia mydas*, n = 133; *Caretta caretta*, n = 12; *Pontoporia blainvillei*, n = 36; *Sotalia guianensis*, n = 17).

Posterior às análises descritivas e histogramas, as concentrações dos elementos-traço com as demais variáveis das nove espécies com maior ocorrência foram avaliadas aplicando testes de hipótese nula ( $H_0$ ) da normalidade dos dados, usando os testes de *Kolmogorov* e *Cramer Von Mises* com e sem transformações logarítmicas do conjunto de dados. As variáveis seguiram uma distribuição *lognormal* em todos os casos e normal para alguns deles. Desta forma, trabalhou-se com testes paramétricos para os dados transformados para a base logarítmica. Em todos os testes foi assumido um nível de significância de 5%.

### 7.2.7 Informações das amostras recebidas

Da **Tabela 7.2-5** a **Tabela 7.2-8** descrevem-se as informações acerca das amostras recebidas como espécie, local, estágio do desenvolvimento e sexo, e obtidas nos seus respectivos campos do SIMBA (Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática), no módulo “prontuário do indivíduo”. Informações sobre local (mesorregião) foram obtidas segundo as instituições solicitantes no módulo *instituição executora*. As informações sobre sexo e estágio de desenvolvimento dos indivíduos foram obtidas no módulo *necropsia*.

**Tabela 7.2-5** – Frequência por espécie com amostras coletadas para análise de elementos traço no período de referência (jan.-dez./2023).

Espécie	Frequência
<i>Spheniscus magellanicus</i>	156
<i>Chelonia mydas</i>	133
<i>Pontoporia blainvillei</i>	36
<i>Larus dominicanus</i>	20
<i>Sotalia guianensis</i>	16
<i>Caretta caretta</i>	12
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	11
<i>Fregata magnificens</i>	9
<i>Sula leucogaster</i>	6
<i>Stenella frontalis</i>	3
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	3
<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	2
<i>Thalasseus maximus</i>	2
<i>Stenella longirostris</i>	2
<i>Stenella</i> sp.	1
<i>Arctocephalus australis</i>	1
<i>Thalassarche melanophris</i>	1
<i>Tursiops truncatus</i>	1
<i>Puffinus gravis</i>	1
<i>Grampus griseus</i>	1
<i>Otaria flavescens</i>	1
<i>Stercorarius parasticus</i>	1
<i>Mesoplodon</i> sp.	1
Total de Indivíduos	416

**Tabela 7.2-6 – Frequência por localização de indivíduos que tiveram amostras analisadas de elementos traço no período de referência (jan.-dez./2023).**

Local (Mesorregião)	Código	Frequência
Litoral Sul Catarinense	MS-01	5
Litoral Central Catarinense	MS-02	10
Litoral Centro Norte Catarinense	MS-03	11
Litoral Norte Catarinense	MS-04	16
Litoral Paranaense	MS-05	21
Litoral Sul Paulista	MS-06	120
Litoral Central Paulista	MS-07	110
Litoral Norte Paulista	MS-08	146
Litoral Baía Da Ilha Grande	MS-09	7
Litoral Baía De Sepetiba	MS-10	10
Litoral Central Fluminense	MS-11	7
Litoral Baía De Guanabara	MS-12	3
Litoral Leste Fluminense	MS-13	10
Total		416

**Tabela 7.2-7 – Frequência por estágio do desenvolvimento dos indivíduos que tiveram amostras analisadas de elementos traço no período de referência (jan.-dez./2023).**

Estágio do desenvolvimento	Frequência
Juvenil	340
Adulto	61
Filhote	14
Indeterminado	1
Total	416

**Tabela 7.2-8 – Frequência por sexo de indivíduos que tiveram amostras analisadas de elementos traço no período de referência (jan.-dez./2023).**

Sexo	Frequência
Fêmea	254
Macho	137
Indefinido	15
Total	416

## 7.3 Resultados

### 7.3.1 Análise Estatística Preliminar

A análise estatística descritiva para todos os elementos-traço foi realizada para as sete espécies mais frequentes (espécies com n amostral igual ou maior

a 10 indivíduos coletados), dentre os três grupos de tetrápodes marinhos: aves, sendo *Spheniscus magellanicus* (n = 156), *Larus dominicanus* (n = 20) e *Phalacrocorax brasilianus* (n = 11), tartarugas, sendo *Chelonia mydas* (n = 133) e *Caretta caretta* (n = 12) e mamíferos, sendo *Pontoporia blainvillei* (n = 36) e *Sotalia guianensis* (n = 16). Estas sete espécies correspondem a 92,3% das amostras no período de referência, as amostras restantes (7,7%) correspondem juntas a 16 espécies.

Para as análises estatísticas descritivas considerou-se o critério LD/2 para os valores menores que o LD. Entretanto, Cr, Pb, Ba e Ni que contém mais de 50% dos valores abaixo do LD nas amostras de aves e mamíferos e Cr, e Ba nas amostras de quelônios, não foram considerados para as demais avaliações estatísticas. Verifica-se, também, que os dados, quando tratados por espécie, seguem uma distribuição *lognormal*, desta forma as análises estatísticas serão realizadas com os dados transformados.

O **Apêndice 7** contém os resultados de elementos-traço e informações (espécie, local, sexo e estágio do desenvolvimento dos indivíduos) de amostras de 416 indivíduos do PMP-BS analisados durante o ano de 2023, incluindo os resultados tanto da UNESP como da PUC-Rio.

## **Aves Marinhas**

### ***Spheniscus magellanicus***

Na **Tabela 7.3-1** são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Spheniscus magellanicus*, que apresentou a maior concentração média para Zn (321 mg kg<sup>-1</sup>) e a menor para Pb (0,019 mg kg<sup>-1</sup>), sendo a seguinte sequência obtida: [Zn] > [Cd] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [As] > [Mo] > [V] > [Ba] > [Ni] > [Cr] > [Pb]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Ba (201%) e o menor é verificado para Mn (29%). Os elementos Pb, Cr, Ba e Ni apresentaram mais do que 50% dos valores abaixo do LD, o que introduz um *bias* nas suas avaliações estatísticas e, portanto, não serão incluídos nas demais avaliações como em relação a sexo e idade.

**Tabela 7.3-1** – Estatística descritiva para *Spheniscus magellanicus* dos elementos-traço ( $n = 156$ ) no ano de 2023, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	6,9	7,5	4,7	0,6	56,1	109
Cd (mg/kg)	43	32	33	4,0	246	76
Cr (mg/kg)	0,065	0,070	0,050	0,050	0,814	108
Cu (mg/kg)	32	15	29	10	133	46
Pb (mg/kg)	0,018	0,015	0,016	0,005	0,081	84
Mn (mg/kg)	7,2	2,0	7,0	3,0	13,5	29
Mo (mg/kg)	5,3	1,6	5,1	1,5	14,9	31
Zn (mg/kg)	321	101	303	133	850	31
Ni (mg/kg)	0,065	0,050	0,050	0,050	0,413	77
Ba (mg/kg)	0,11	0,21	0,05	0,05	1,69	201
V (mg/kg)	0,59	0,50	0,42	0,04	2,70	85
Hg (mg/kg)	10,3	5,8	10,1	0,0	60,1	56

### **Larus dominicanus**

A Tabela 7.3-2 apresenta a estatística descritiva para *Larus dominicanus*. A maior concentração média foi a do elemento traço Zn ( $150 \text{ mg kg}^{-1}$ ), enquanto a menor concentração foi para Cr ( $0,075 \text{ mg kg}^{-1}$ ), sendo a seguinte sequência obtida:  $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Mn}] > [\text{As}] > [\text{Hg}] > [\text{Mo}] > [\text{Cd}] > [\text{Ba}] > [\text{Ni}] > [\text{Pb}] > [\text{Cr}] = [\text{V}]$ . O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Ba (251%) e o menor é verificado para Mn (28%). Como observado para a espécie *Spheniscus magellanicus*, também, no caso da *Larus dominicanus*, os elementos Pb, Cr, Ba e Ni apresentaram mais do que 50% dos valores abaixo do LD e, adicionalmente, o V.

**Tabela 7.3-2** – Estatística descritiva para *Larus dominicanus* dos elementos-traço ( $n = 20$ ) no ano de 2023, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	5,8	6,8	3,0	0,4	25,0	117
Cd (mg/kg)	0,27	0,20	0,19	0,03	0,69	76
Cr (mg/kg)	0,075	0,053	0,050	0,050	0,228	71
Cu (mg/kg)	17,4	5,4	18,3	8,0	25,0	31
Pb (mg/kg)	0,10	0,20	0,053	0,005	0,87	194
Mn (mg/kg)	12,7	3,8	13,0	7,3	19,5	30
Mo (mg/kg)	2,28	0,63	2,28	1,03	3,64	28
Zn (mg/kg)	150	107	111	61	492	71

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
Ni (mg/kg)	0,14	0,15	0,050	0,050	0,54	108
Ba (mg/kg)	0,18	0,45	0,05	0,05	2,01	251
V (mg/kg)	0,073	0,037	0,056	0,033	0,169	51
Hg (mg/kg)	3,3	2,7	2,6	0,3	10,6	80

### Phalacrocorax brasilianus

Na **Tabela 7.3-3** são apresentados os dados referentes a estatística descritiva para *Phalacrocorax brasilianus*, que apresentou a maior concentração média para Zn ( $328 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e a menor para Pb ( $0,017 \text{ mg kg}^{-1}$ ), sendo a seguinte sequência obtida,  $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Mn}] > [\text{Hg}] > [\text{Mo}] > [\text{As}] > [\text{Cd}] > [\text{V}] > [\text{Ni}] > [\text{Ba}] > [\text{Cr}] > [\text{Pb}]$ . O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Cd (356%) e o menor é verificado para Mn (25%). Como observado para a espécie *Spheniscus magellanicus*, também, no caso da *Phalacrocorax brasilianus*, os elementos Pb, Cr, Ba e Ni apresentaram mais do que 50% dos valores abaixo do LD.

**Tabela 7.3-3** – Estatística descritiva para *Phalacrocorax brasilianus* dos elementos-traço ( $n = 11$ ) no ano de 2023, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	1,1	2,0	0,4	0,0	6,7	186
Cd (mg/kg)	0,33	0,33	0,21	0,01	0,87	101
Cr (mg/kg)	0,070	0,043	0,050	0,050	0,173	62
Cu (mg/kg)	37	27	31	12	89	72
Pb (mg/kg)	0,017	0,015	0,010	0,005	0,044	87
Mn (mg/kg)	14,3	3,2	14,0	9,4	21,8	22
Mo (mg/kg)	3,3	1,4	2,8	2,0	6,6	41
Zn (mg/kg)	328	205	286	139	743	63
Ni (mg/kg)	0,18	0,19	0,050	0,050	0,560	110
Ba (mg/kg)	0,14	0,29	0,05	0,05	1,00	210
V (mg/kg)	0,30	0,29	0,18	0,05	1,08	99
Hg (mg/kg)	5,0	5,1	3,5	0,1	17,8	102

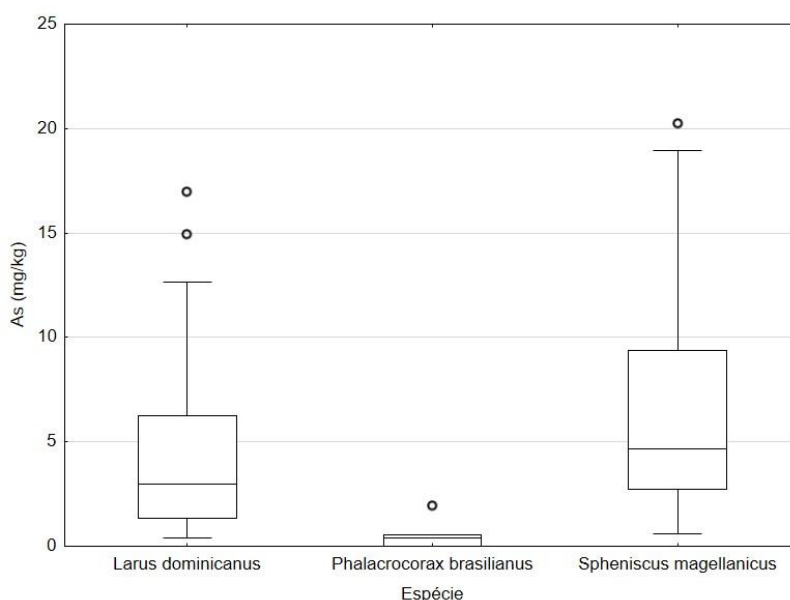
### Aves – Gráficos de Caixa

De modo a possibilitar uma comparação visual das concentrações elementares entre as diferentes espécies de aves, durante o ano de 2023, optou-se de adoção do gráfico de caixas, com o valor central representado pela



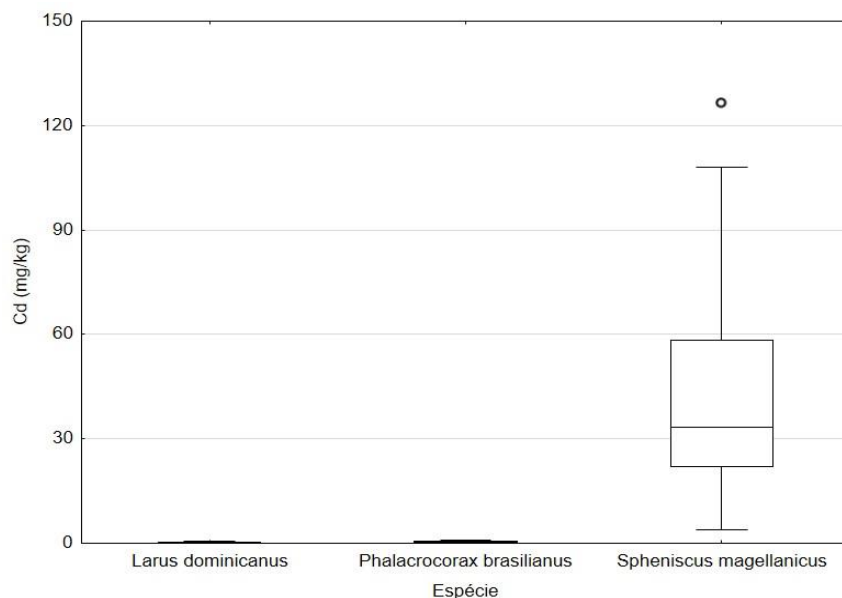
mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os *outliers*. Por questão de ajuste da escala de valores de concentração, os valores extremos foram omitidos. Como já mencionado, elementos como Cr, Pb, Ni e Ba com mais de 50% dos valores abaixo do LD foram excluídos dessa avaliação.

A **Figura 7.3-1** mostra o gráfico de caixas para As em Aves, nota-se uma tendência para menores valores para as espécies *Phalacrocorax brasilianus* e semelhantes entre as espécies *Spheniscus magellanicus* e *Larus dominicanus* nota-se, também, uma maior dispersão dos resultados para *Spheniscus magellanicus* e *Larus dominicanus*.



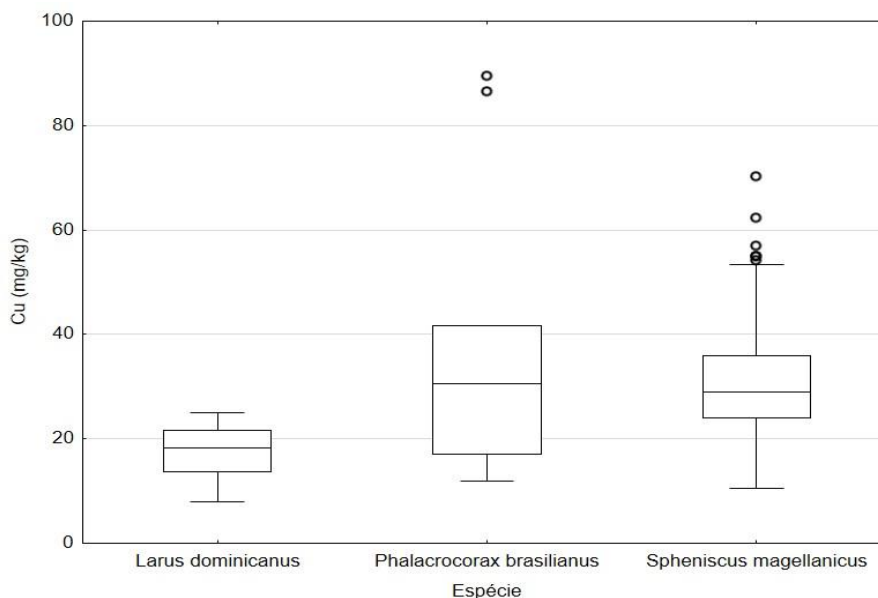
**Figura 7.3-1** Gráfico de caixas para as em aves durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os *outliers*).

O gráfico de caixas para Cd em Aves aparece na **Figura 7.3-2**, verifica-se que os valores de Cd na espécie *Spheniscus magellanicus* são bastante distintos daqueles observados para as duas espécies, não, apenas, em termos de uma maior mediana como, também, em termos de dispersão de dados, além de um elevado número de *outliers*.



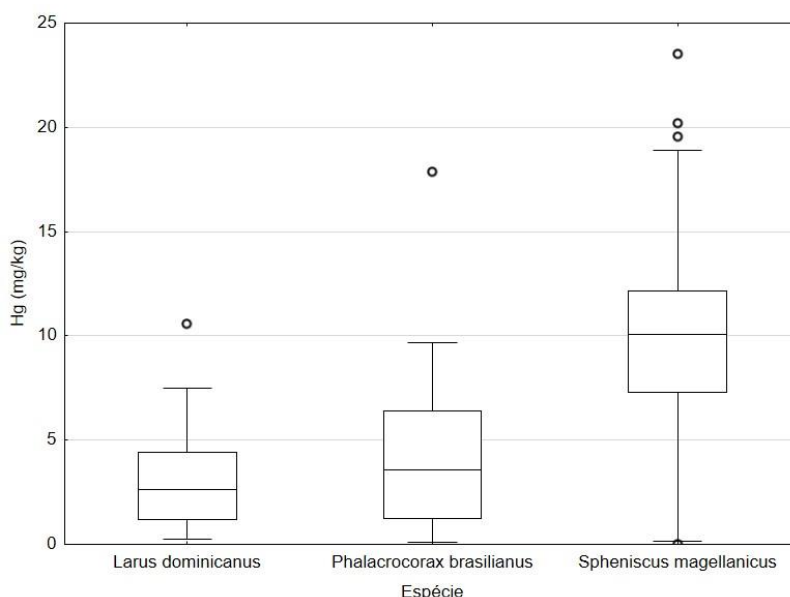
**Figura 7.3-2** – Gráfico de caixas para Cd em aves durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

A **Figura 7.3-3** mostra o gráfico de caixas para Cu em Aves, nota-se uma tendência para menores valores para a espécie *Larus dominicanus* cujos resultados de concentração são, também, menos dispersos do que as outras duas espécies. Um maior número de valores *outliers* é observado no caso da espécie *Spheniscus magellanicus*.



**Figura 7.3-3**– Gráfico de caixas para Cu em aves durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

O gráfico de caixas para Hg em Aves aparece na **Figura 7.3-4**, observa-se uma tendência para maiores concentrações de Hg na espécie *Spheniscus magellanicus* e menores para as outras duas espécies.



**Figura 7.3-4**– Gráfico de caixas para Hg em aves durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

## ***Tartarugas-marinhas***

### ***Chelonia mydas***

A **Tabela 7.3-4** apresenta a estatística descritiva para *Chelonia mydas*. A máxima concentração média foi a de Cu (206 mg kg<sup>-1</sup>) enquanto a menor foi a de Cr (0,24 mg kg<sup>-1</sup>), sendo a seguinte sequência obtida: [Cu] > [Zn] > [Cd] > [As] > [Mn] > [Hg] > [Pb] > [Mo] > [V] > [Ni] > [Ba] > [Cr]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Hg (398%) e o menor é verificado para Zn (33%). O efeito da adoção do valor de LD/2 para dados abaixo do LD pode ser verificado no caso do Cr onde a mediana é igual a LD/2.

**Tabela 7.3-4** – Estatística descritiva para *Chelonia mydas* dos elementos-traço (n = 157) no ano de 2023, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	14	24	6,6	0,6	179	172
Cd (mg/kg)	25	20	20	2,5	139	80
Cr (mg/kg)	0,24	0,76	0,05	0,05	6,06	318
Cu (mg/kg)	206	117	174	25	596	57
Pb (mg/kg)	1,18	1,62	0,64	0,05	12,8	137
Mn (mg/kg)	10,9	4,6	9,9	3,5	33,2	43
Mo (mg/kg)	0,9	0,6	0,8	0,1	3,8	66
Zn (mg/kg)	145	47	138	53	315	33
Ni (mg/kg)	0,50	0,69	0,30	0,05	4,00	138
Ba (mg/kg)	0,26	0,30	0,16	0,05	1,81	118
V (mg/kg)	0,77	1,05	0,49	0,01	8,81	137
Hg (mg/kg)	1,6	6,2	0,7	0,0	71,8	398

### ***Caretta caretta***

A **Tabela 7.3-5** apresenta a estatística descritiva para *Caretta caretta* (n = 11). A maior concentração média de todos os elementos-traço analisados foi obtida para Zn (143 mg kg<sup>-1</sup>) e, as menores para Cr (0,21 mg kg<sup>-1</sup>). A sequência das concentrações foi: [Zn] > [Cd] > [Cu] > [As] > [Mn] > [Mo] > [Hg] = [V] > [Pb] > [Ni] > [Ba] > [Cr]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Ni (151%) e o menor é verificado para Mn (73%).

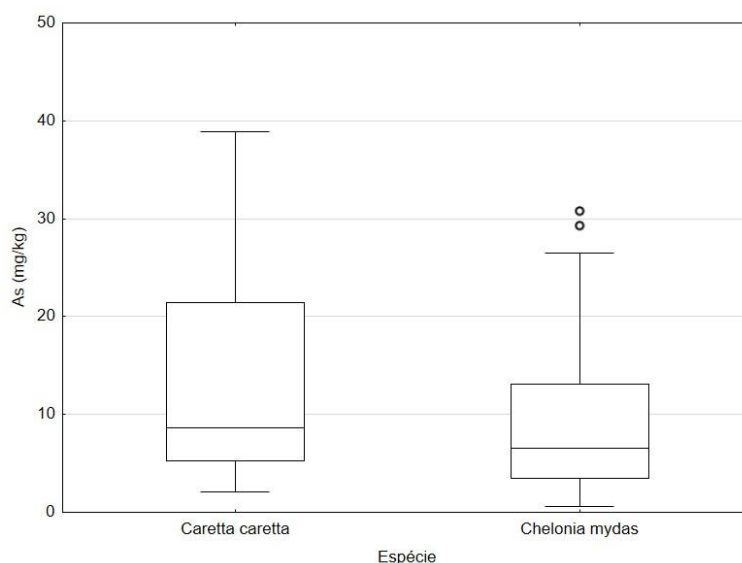
**Tabela 7.3-5 – Estatística descritiva para *Caretta caretta* dos elementos-traço ( $n = 11$ ) no ano de 2023, considerando o critério  $LD / 2$  para valores abaixo do LD.**

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	15	13	8,6	2,1	39	89
Cd (mg/kg)	73	72	41	10,4	244	98
Cr (mg/kg)	0,21	0,27	0,08	0,05	0,79	133
Cu (mg/kg)	40	46	24	8	170	113
Pb (mg/kg)	1,28	1,85	0,15	0,10	4,9	145
Mn (mg/kg)	6,0	4,4	4,3	1,9	15,1	73
Mo (mg/kg)	2,9	3,5	1,1	0,3	12,1	121
Zn (mg/kg)	143	116	106	40	477	81
Ni (mg/kg)	0,97	1,47	0,18	0,05	4,38	151
Ba (mg/kg)	0,43	0,45	0,20	0,05	1,28	105
V (mg/kg)	2,7	2,9	1,0	0,20	8,1	109
Hg (mg/kg)	2,6	2,7	1,7	0,2	9,6	106

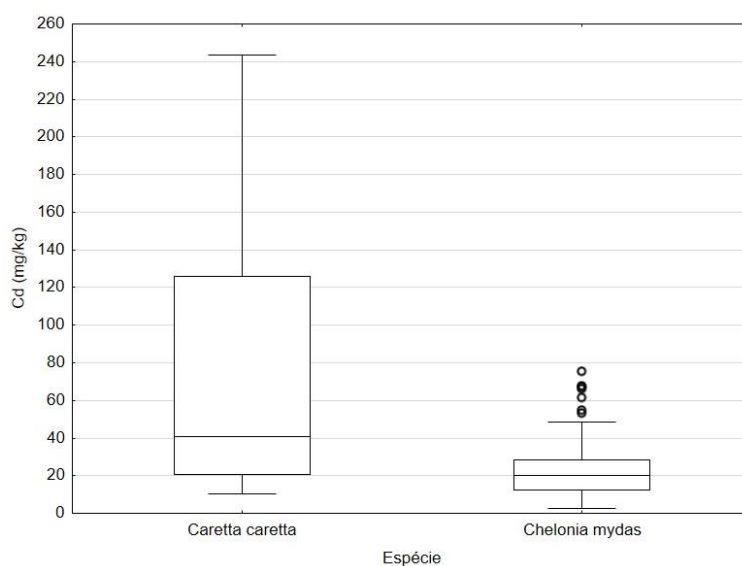
### Tartarugas-marinhas – Gráfico de Caixa

De modo a possibilitar uma comparação visual das concentrações elementares entre as diferentes espécies de quelônios, durante o ano de 2023, optou-se de adoção do gráfico de caixas, com o valor central representado pela mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os *outliers*. Por questão de ajuste da escala de valores de concentração, os valores extremos foram omitidos. Como já mencionado, elementos como Cr e Ba com mais de 50% dos valores abaixo do LD foram excluídos dessa avaliação.

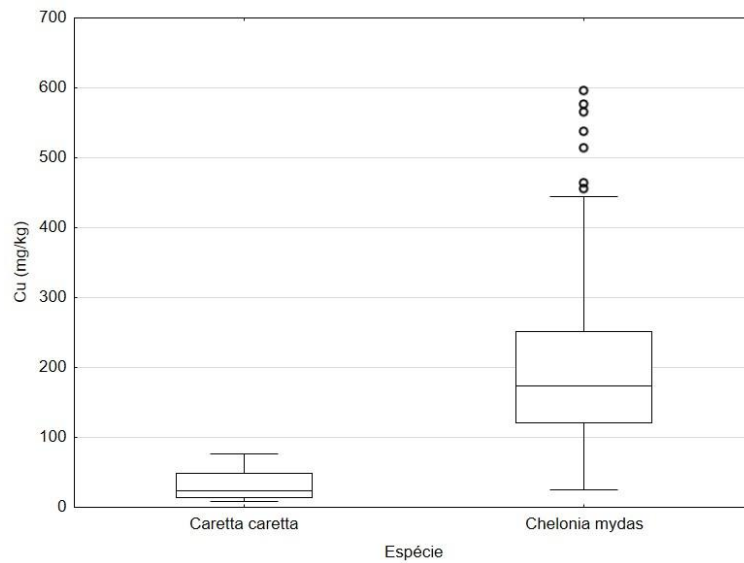
Os gráficos de caixas aparecem da **Figura 7.3-5** a **Figura 7.3-15**, verifica-se, de um modo geral, uma assimetria, para valores maiores, na distribuição dos valores de concentração dos elementos na espécie *Caretta caretta*. Verifica-se, também, um número maior de *outliers* para a espécie *Chelonia mydas*, em função de um N muito maior (133). Para os elementos As, Cd, Cr, Pb, Mo, V, Hg e Zn pode-se considerar que o valor médio para ambas as espécies é igual. Por outro lado, verifica-se uma tendência para concentrações mais elevadas de Cu e Mn.



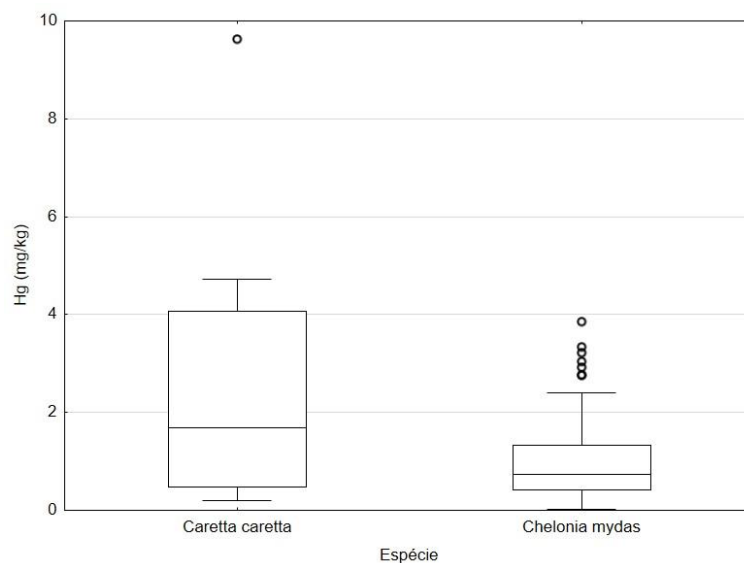
**Figura 7.3-5** - Gráfico de caixas para as em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



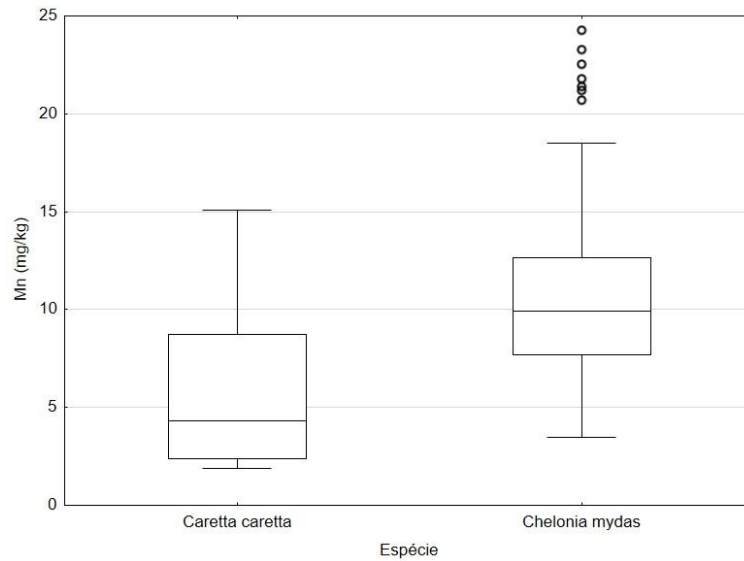
**Figura 7.3-6** – Gráfico de caixas para Cd em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



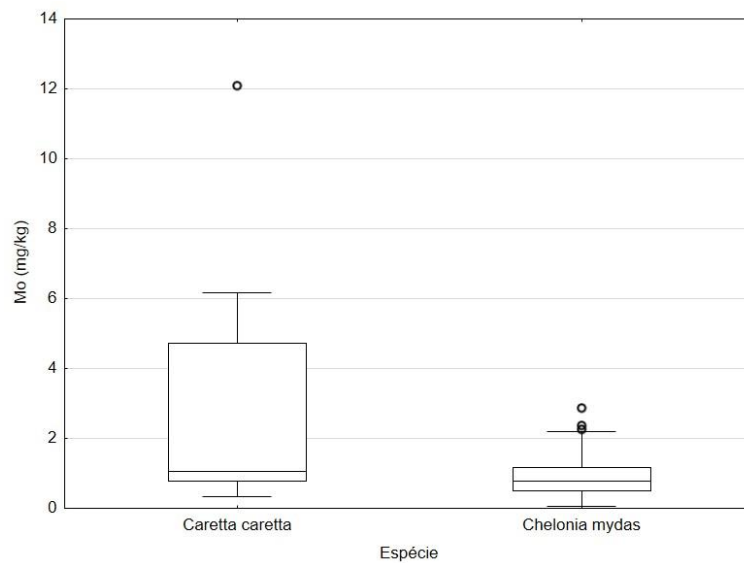
**Figura 7.3-7** – Gráfico de caixas para Cu em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-8** – Gráfico de caixas para Hg em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

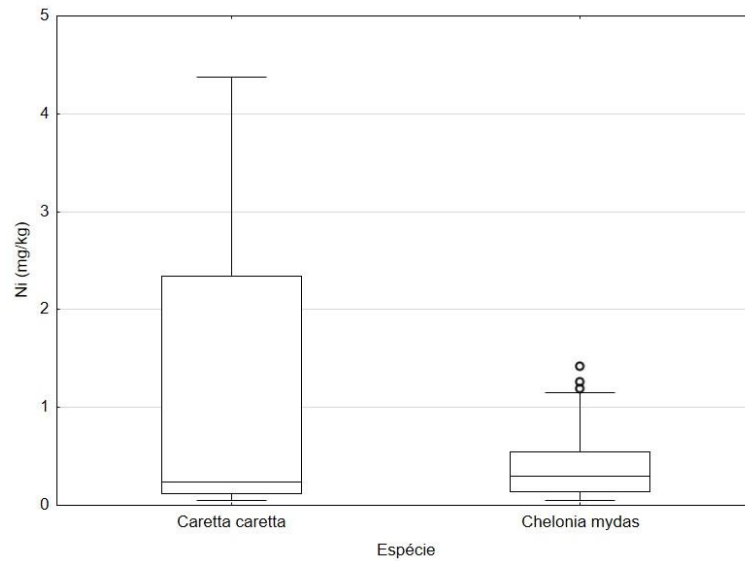


**Figura 7.3-9** – Gráfico de caixas para Mn em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

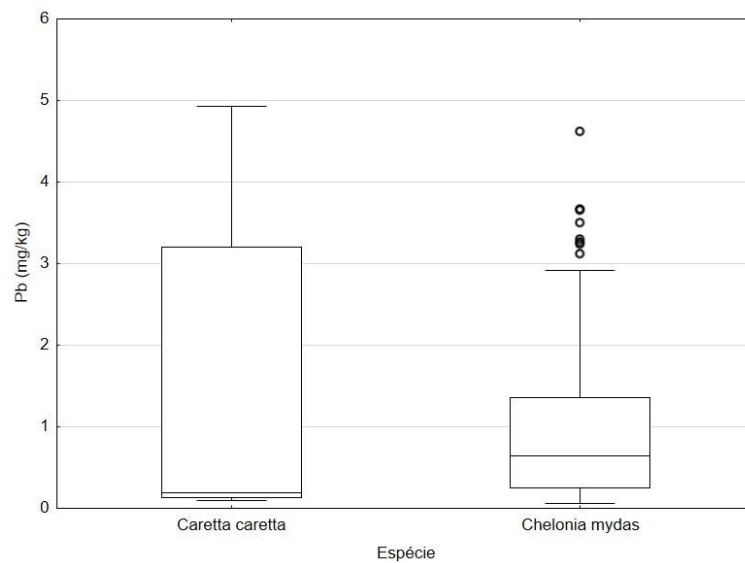


**Figura 7.3-10** – Gráfico de caixas para Mo em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

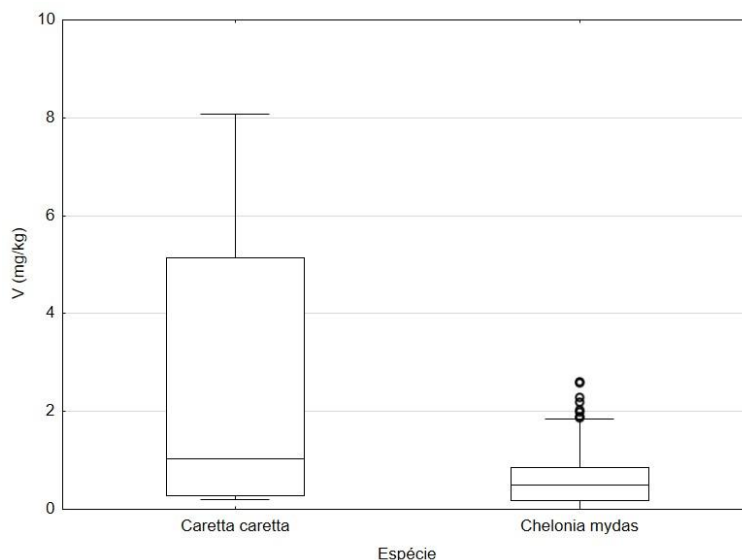




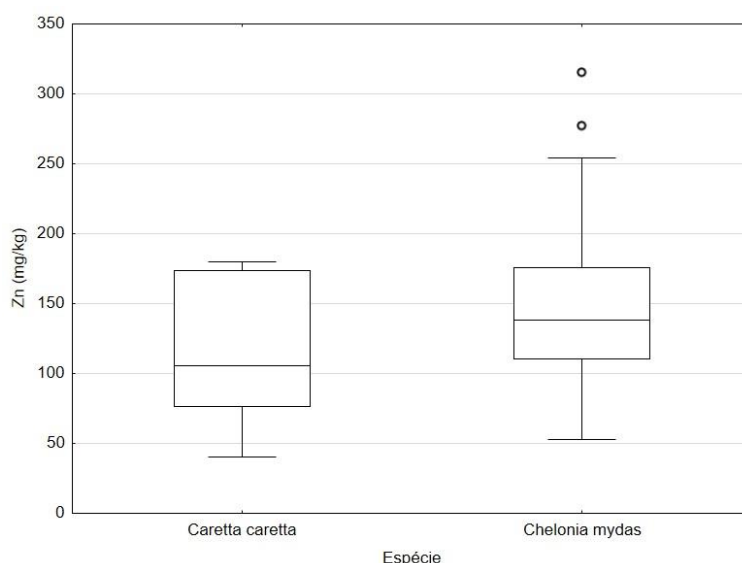
**Figura 7.3-11** – Gráfico de caixas para Ni em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-12** – Gráfico de caixas para Pb em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

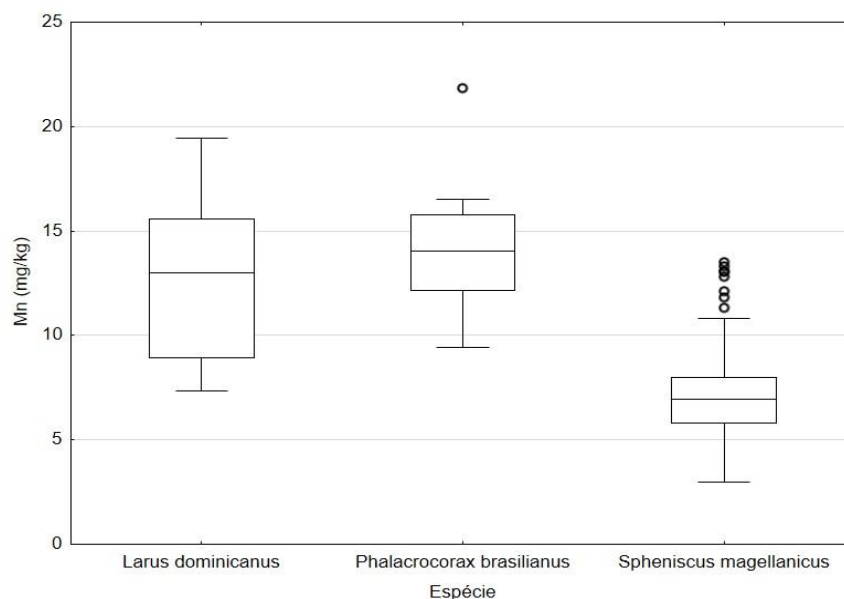


**Figura 7.3-13** – Gráfico de caixas para V em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



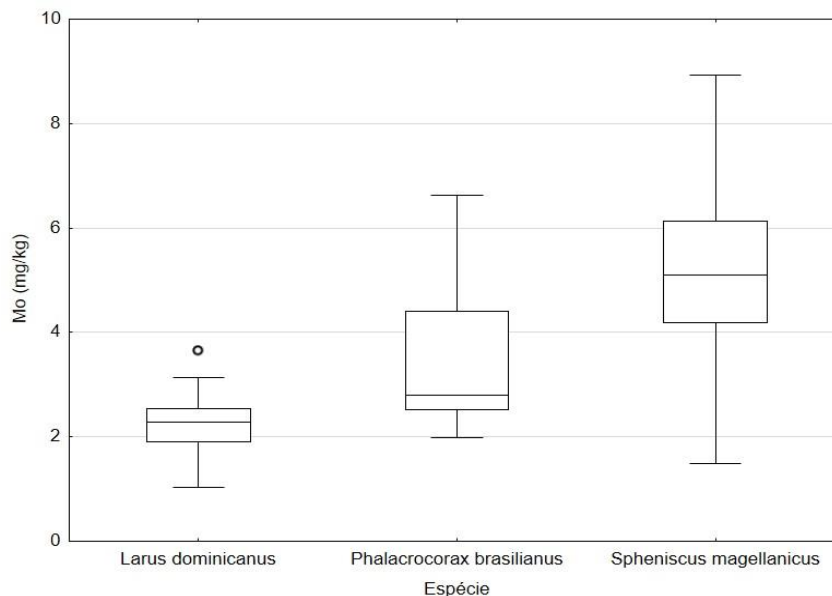
**Figura 7.3-14** Gráfico de caixas para Zn em quelônios durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

O gráfico de caixas para Mn em Aves é ilustrado na **Figura 7.3-15**, observa-se uma tendência para menores concentrações de Mn na espécie *Spheniscus magellanicus* e maiores para as espécies *Larus dominicanus* e *Phalacrocorax brasilianus*. Verifica-se, também, muitos valores outliers para *Spheniscus magellanicus*.



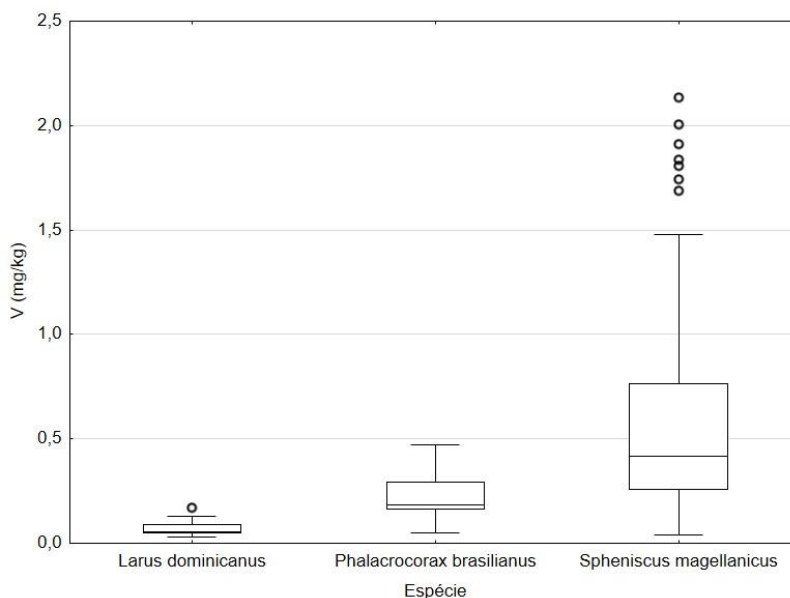
**Figura 7.3-15** – Gráfico de caixas para Mn em aves durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

Na **Figura 7.3-16** é ilustrado o gráfico de caixas para Mo em Aves. Observa-se uma diferença bem significativa entre as medianas das três espécies com *Spheniscus magellanicus* > *Phalacrocorax brasilianus* > *Larus dominicanus*.



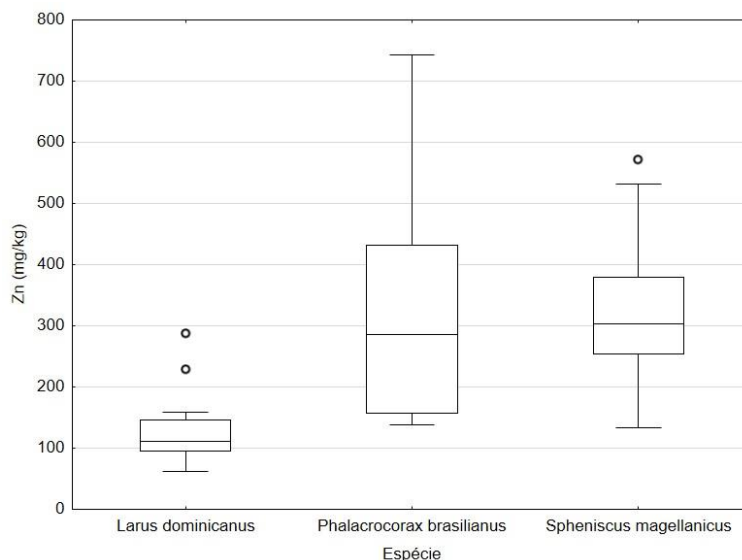
**Figura 7.3-16** – Gráfico de caixas para Mo em aves durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

O gráfico de caixas para V é apresentado na **Figura 7.3-17**. Mais uma vez, é marcante o número de *outliers* para *Spheniscus magellanicus*. Em relação às demais espécies, a espécie *Larus dominicanus* é aquela com as menores concentrações de V, resultado do grande número dos resultados substituídos por LD/2. A sequência do valor da mediana, observada para o Mo é a mesma verificada para V com *Spheniscus magellanicus* > *Phalacrocorax brasilianus* > *Larus dominicanus*.



**Figura 7.3-17** – Gráfico de caixas para V em aves durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

O gráfico de caixas para Zn é apresentado na **Figura 7.3-18**. Zinco, um elemento essencial, apresenta as maiores concentrações entre os elementos estudados. Apesar das diferenças observadas em termos de mediana e dispersão de dados, há uma tendência para *Spheniscus magellanicus* e *Phalacrocorax brasilianus* e serem iguais entre si e *Larus dominicanus* ser menor do que essas duas espécies.



**Figura 7.3-18** – Gráfico de caixas para Zn em aves durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

## Mamíferos Marinhos

### Sotalia guianensis

A Tabela 7.3-6 apresenta a estatística descritiva para *Sotalia guianensis*. A concentração média máxima, foi a de Zn ( $262 \text{ mg kg}^{-1}$ ) enquanto a menor foi a de Pb ( $0,023 \text{ mg kg}^{-1}$ ); sendo a seguinte a sequência obtida:  $[\text{Zn}] > [\text{Cu}] > [\text{Hg}] > [\text{Mn}] > [\text{Mo}] > [\text{Cd}] > [\text{As}] > [\text{Ni}] > [\text{Ba}] > [\text{Cr}] = [\text{V}] > [\text{Pb}]$ . O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Ba (246%) e o menor é verificado para Mn (39%). Nota-se o efeito da adoção dos valores abaixo do LD por LD/2 para Pb, Cr, Ni e Ba com a mediana sendo igual a LD/2. É digno de nota as elevadas concentrações de Hg sendo, nessa espécie, o elemento com a maior concentração atrás apenas de Zn e Cu, o que pode ser explicado pelo fato dessa espécie se alimentar de peixes maiores do que a *Pontoporia blainvillei*.

**Tabela 7.3-6** – Estatística descritiva para *Sotalia guianensis* dos elementos-traço ( $n = 16$ ) no ano de 2023, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	0,95	0,51	0,91	0,27	2,10	54
Cd (mg/kg)	1,0	1,0	0,55	0,01	2,81	100
Cr (mg/kg)	0,111	0,083	0,050	0,050	0,271	75

Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
Cu (mg/kg)	44	24	33	23	101	55
Pb (mg/kg)	0,023	0,016	0,015	0,005	0,049	70
Mn (mg/kg)	15,4	6,1	13,6	7,0	26,4	39
Mo (mg/kg)	2,3	1,0	1,9	1,2	4,5	45
Zn (mg/kg)	262	167	180	116	617	64
Ni (mg/kg)	0,42	0,59	0,05	0,05	1,92	143
Ba (mg/kg)	0,20	0,49	0,05	0,05	1,94	246
V (mg/kg)	0,121	0,082	0,097	0,029	0,26	68
Hg (mg/kg)	31,5	38,9	4,9	0,7	113	123

### Pontoporia blainvillei

Os dados referentes a estatística descritiva para *Pontoporia blainvillei* são apresentados na **Tabela 7.3-7**. A concentração média máxima, foi a de Zn (192 mg kg<sup>-1</sup>) enquanto a menor foi a de Pb (0,040 mg kg<sup>-1</sup>); sendo a seguinte a sequência obtida: [Zn] > [Cu] > [Mn] > [Hg] > [Mo] > [As] = [Cd] > [Ni] = [Cr] > [Ba] = [V] > [Pb]. O maior desvio padrão relativo (DPR) é observado para o Pb (148%) e o menor é verificado para Zn (46%). Nota-se, também para essa espécie, o efeito da adoção dos valores abaixo do LD por LD/2 para Cr, Pb, Ni, Ba e V com a mediana sendo igual a LD/2.

**Tabela 7.3-7** – Estatística descritiva para *Pontoporia blainvillei* dos elementos-traço ( $n = 47$ ) no ano de 2023, considerando o critério LD / 2 para valores abaixo do LD.

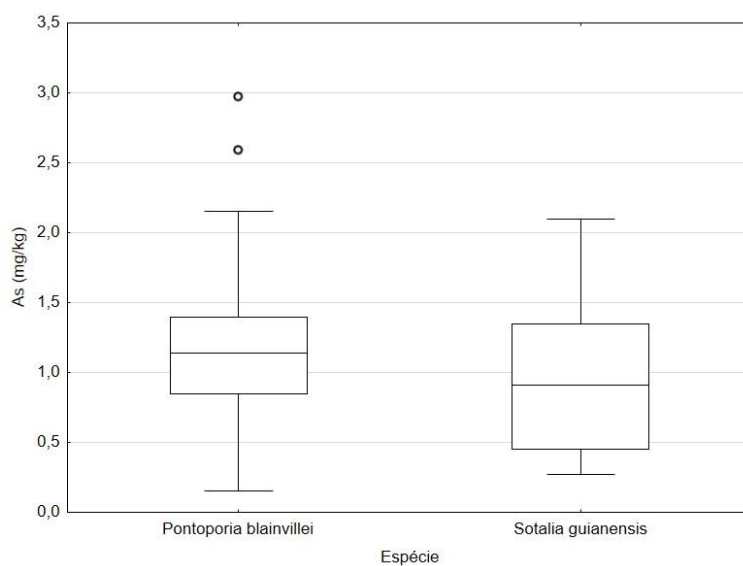
Elemento	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	DPR (%)
As (mg/kg)	1,21	0,60	1,14	0,15	2,97	50
Cd (mg/kg)	1,2	2,2	0,4	0,01	11,3	177
Cr (mg/kg)	0,21	0,54	0,05	0,05	2,93	261
Cu (mg/kg)	70	132	22	10	673	189
Pb (mg/kg)	0,040	0,157	0,005	0,005	0,950	389
Mn (mg/kg)	17,4	7,5	16,4	6,3	37,5	43
Mo (mg/kg)	2,5	1,5	2,2	0,4	6,1	60
Zn (mg/kg)	192	108	160	91	545	56
Ni (mg/kg)	0,220	0,475	0,050	0,050	2,640	216
Ba (mg/kg)	0,08	0,15	0,05	0,05	0,94	193
V (mg/kg)	0,082	0,077	0,057	0,010	0,297	94
Hg (mg/kg)	4,2	3,9	2,7	0,8	18,8	93

## Mamíferos – Gráficos de Caixa

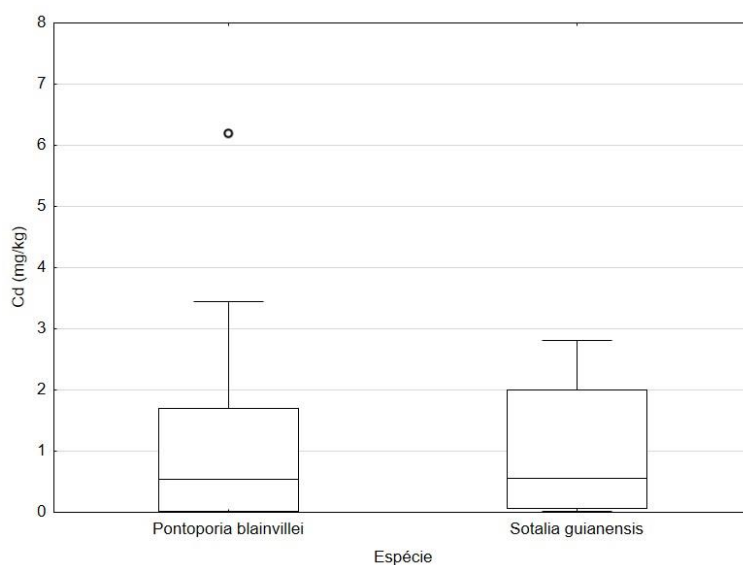
De modo a possibilitar uma comparação visual das concentrações elementares entre as diferentes espécies de quelônios, durante o ano de 2023, optou-se de adoção do gráfico de caixas, com o valor central representado pela mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os *outliers*. Por questão de ajuste da escala de valores de concentração, os valores extremos foram omitidos. Como já mencionado, elementos como Cr, Pb, Ni e Ba com mais de 50% dos valores abaixo do LD foram excluídos dessa avaliação. Cádmio com 36% e V com 44% dos dados abaixo do LD para a espécie *Pontoporia blainvillei*, também, tem sua avaliação prejudicada pelo *bias* que esses valores representam.

Os gráficos de caixa para As, Cd, Cu, Hg, Mn, Mo, V e Zn aparecem da **Figura 7.3-19** a **Figura 7.3-26**. Pode-se notar para o caso do Cd o efeito da grande percentagem dos dados substituídos por LD/2, com a ausência do limite de 5% dos dados, na parte inferior da caixa referente às duas espécies. Já a partir dos dados das tabelas com a estatística descritiva das duas espécies de mamíferos era possível verificar que as medianas para As, Cu, Mn, Mo e Zn eram estatisticamente iguais, o que pode ser corroborado nos gráficos de caixa. O gráfico de caixa para Hg (**Figura 7.3-22**) reflete a grande dispersão de dados para a espécie *Sotalia guianensis* e com 50% dos dados acima do valor máximo observados para a espécie *Pontoporia blainvillei*.

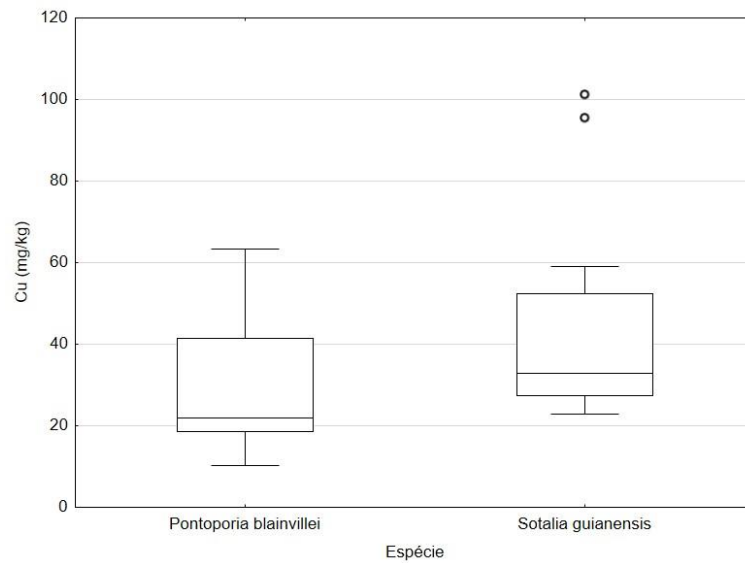




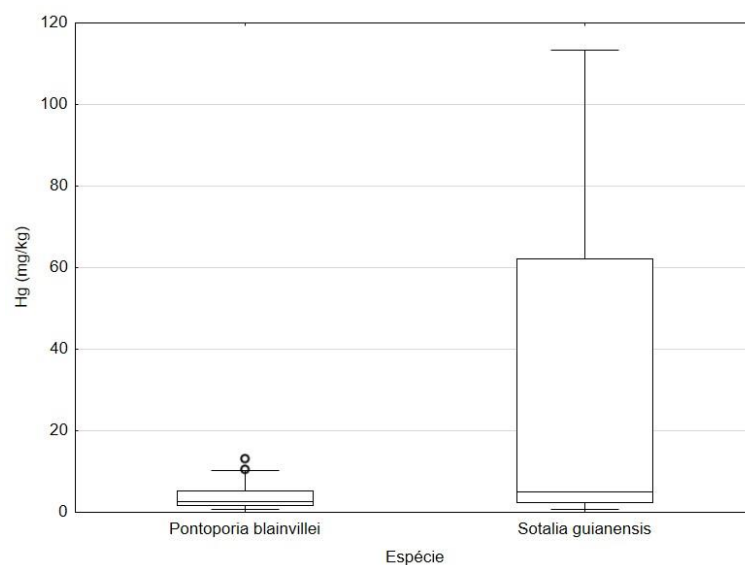
**Figura 7.3-19** - Gráfico de caixas para As em mamíferos durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



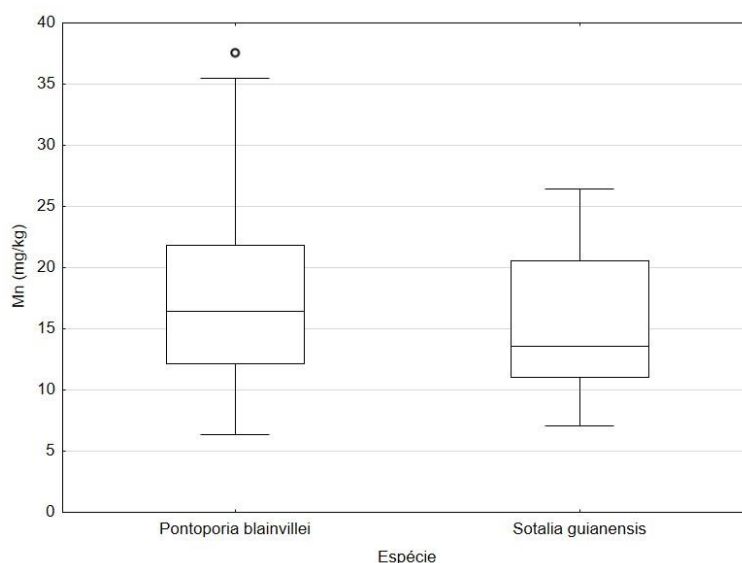
**Figura 7.3-20** – Gráfico de caixas para Cd em mamíferos durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



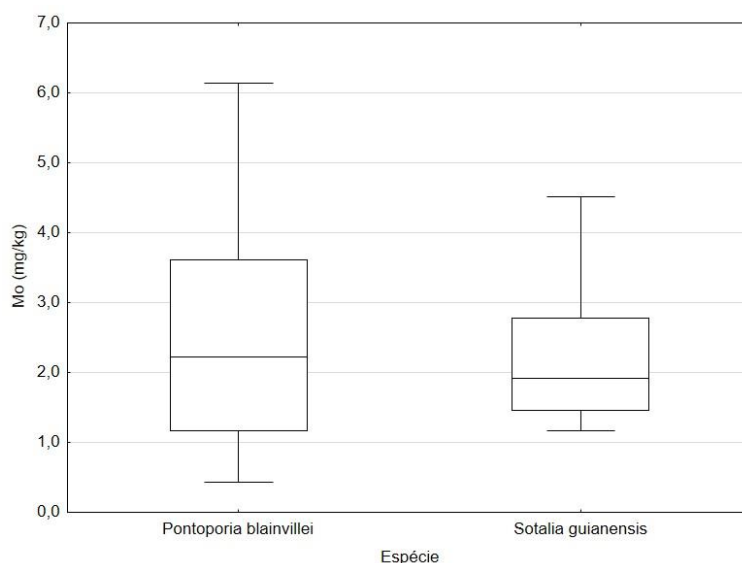
**Figura 7.3-21** – Gráfico de caixas para Cu em mamíferos durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



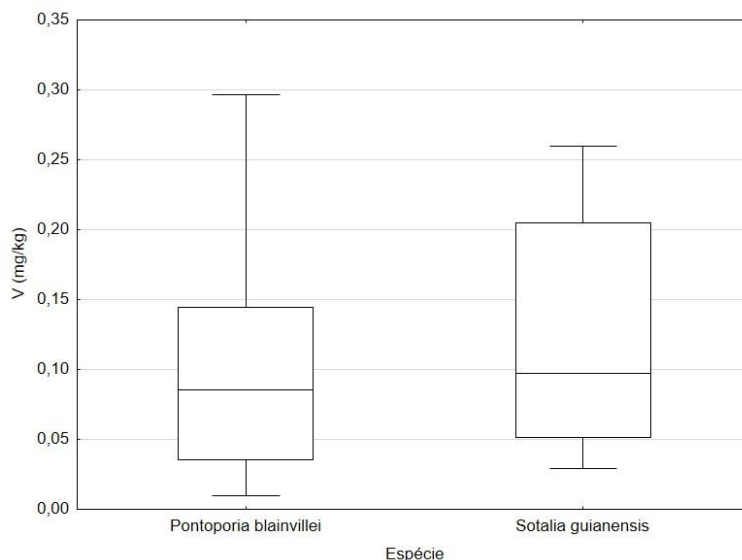
**Figura 7.3-22** – Gráfico de caixas para Hg em mamíferos durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



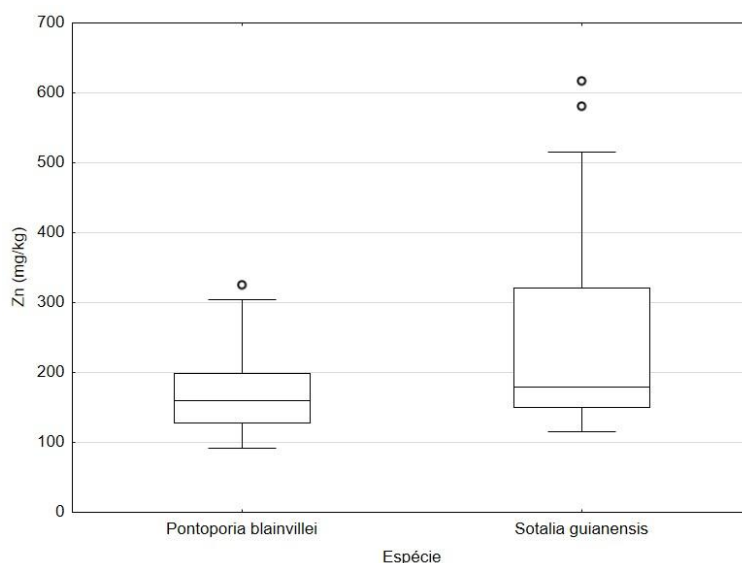
**Figura 7.3-23**– Gráfico de caixas para Mn em mamíferos durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-24**– Gráfico de caixas para Mo em mamíferos durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-25** – Gráfico de caixas para V em mamíferos durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-26** – Gráfico de caixas para Zn em mamíferos durante o ano de 2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

### 7.3.2 Análise Estatística Quantitativa

Uma vez verificado que os dados referentes à concentração elementar, quando agrupados por espécie, seguiam uma distribuição *lognormal*, os testes estatísticos realizados para verificar a existência de diferenças, ou não, por classe de sexo e de idade foram testes paramétricos a partir dos dados log

transformados. A comparação entre as médias logarítmicas foi realizada através do teste Z de comparação entre médias, considerando como  $Z_{crit} = 1,96$  (95% de probabilidade).

## Sexo

Da **Tabela 7.3-8** a **Tabela 7.3-10** são apresentadas, respectivamente, a frequência e o respectivos sexos das aves (*Larus dominicanus*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Spheniscus magellanicus*), dos mamíferos (*Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*) e dos quelônios (*Caretta caretta* e *Chelonia mydas*).

**Tabela 7.3-8** – Frequência de sexo para aves marinhas nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Espécie	Sexo		
	Indefinido	Feminino	Masculino
<i>Larus dominicanus</i>		13	7
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>		8	3
<i>Spheniscus magellanicus</i>	3	102	54

**Tabela 7.3-9** – Frequência de sexo para mamíferos marinhos nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Espécie	Sexo	
	Feminino	Masculino
<i>Pontoporia blainvillei</i>	18	18
<i>Sotalia guianensis</i>	7	9

**Tabela 7.3-10** – Frequência de sexo para tartarugas-marinhas nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Espécie	Sexo		
	Indefinido	Feminino	Masculino
<i>Caretta caretta</i>	3	6	3
<i>Chelonia mydas</i>	18	99	28

## Comparações entre sexos

### Aves marinhas

Como nas avaliações estatísticas anteriores, não foram considerados os casos do Cr, Pb, Ni e Ba onde o elevado número de substituições por LD/2 causa uma distorção tanto na média como no desvio padrão.

A **Tabela 7.3-11** mostra os resultados da comparação entre as médias logarítmicas, realizada através do teste Z, os valores em negrito significam valores acima do valor de  $Z_{crit}$  (1,96), com resultados negativos de Z relacionados com uma concentração maior nos machos do que nas fêmeas. Observa-se uma diferença significativa entre sexos para as espécies *Larus dominicanus* e *Spheniscus magellanicus*, para todos os elementos. Situação diferente é verificada para a espécie *Phalacrocorax brasilianus*, com diferenças significativas, entre sexos, só para alguns elementos: Cd, Mo e Hg com fêmea>macho e V com macho>fêmea.

**Tabela 7.3-11** – Valores de Z para a comparação, entre sexos, da média logarítmica da concentração elementar de acordo com as espécies de aves (valor em negrito significa valor superior a  $Z_{crit} = 1,96$ , valores positivos significam fêmea>macho), das amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Elemento	Espécie		
	<i>Larus dominicanus</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	<i>Spheniscus magellanicus</i>
As	-8,87	-1,04	24,3
Cd	-2,83	4,18	-31,7
Cu	-8,18	0,92	-34,8
Mn	-6,57	0,39	-24,2
Mo	-8,90	2,50	-9,4
Zn	-6,89	0,59	-27,2
V	-9,38	-2,39	-30,2
Hg	-7,30	3,39	-37,6

### Tartarugas-marinhas

Para os quelônios, não foram considerados, apenas, os casos do Cr e do Ba onde o elevado número de substituições por LD/2 causa uma distorção tanto na média como no desvio padrão.

A **Tabela 7.3-12** mostra os resultados da comparação entre as médias logarítmicas, para as duas espécies de quelônios, realizada através do teste Z, os valores em negrito significam valores acima do valor de  $Z_{crit}$  (1,96), com resultados negativos de Z relacionados com uma concentração maior nos machos do que nas fêmeas. Verifica-se uma diferença significativa para Pb, Mo, V, com fêmea>macho, e Mn, com macho>fêmea, para a espécie *Caretta*

*caretta*. No caso da espécie *Chelonia mydas*, existe uma diferença significativa para As, Cd, Ni, V e Hg, com fêmea>macho, e Cu e Pb, com fêmea>macho.

**Tabela 7.3-12** – Valores de Z para a comparação, entre sexos, da média logarítmica da concentração elementar de acordo com as espécies de quelônios (valor em negrito significa valor superior a  $Z_{crit} = 1,96$ , valores positivos significam fêmea>macho), das amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Elemento	Espécie	
	<i>Caretta caretta</i>	<i>Chelonia mydas</i>
As	-0,92	<b>8,14</b>
Cd	2,46	<b>5,07</b>
Cu	0,34	<b>-2,14</b>
Pb	<b>5,64</b>	<b>-2,04</b>
Mn	<b>-12,0</b>	-0,95
Mo	<b>4,57</b>	-0,26
Zn	-0,77	1,30
Ni	1,18	<b>2,88</b>
V	<b>5,17</b>	<b>2,60</b>
Hg	-0,07	<b>3,67</b>

### Mamíferos marinhos

Como no caso das aves, não foram considerados os casos do Cr, Pb, Ni e Ba onde o elevado número de substituições por LD/2 causa uma distorção tanto na média como no desvio padrão.

A **Tabela 7.3-13** mostra os resultados da comparação entre as médias logarítmicas, realizada através do teste Z, os valores em negrito significam valores acima do valor de  $Z_{crit}$  (1,96), com resultados negativos de Z relacionados com uma concentração maior nos machos do que nas fêmeas. Verifica-se uma diferença significativa para As, Cd, Mo, V e Zn na espécie *Pontoporia blainvillei* com macho>fêmea e Cd, Mo, V e Hg na espécie *Sotalia guianensis*, também, com macho>fêmea.

**Tabela 7.3-13** – Valores de Z para a comparação, entre sexos, da média logarítmica da concentração elementar de acordo com as espécies de mamíferos (valor em negrito significa valor superior a  $Z_{crit} = 1,96$ , valores positivos significam fêmea>macho), das amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Elemento	Espécie	
	<i>Pontoporia blainvillei</i>	<i>Sotalia guianensis</i>
As	<b>-4,47</b>	-1,23
Cd	<b>-4,69</b>	<b>-4,58</b>
Cu	-1,81	2,11
Mn	-1,03	-0,16
Mo	<b>-4,31</b>	<b>-4,14</b>
Zn	<b>-5,33</b>	1,11
V	<b>-3,51</b>	<b>-3,38</b>
Hg	0,48	<b>-10,3</b>

### **Estágio de desenvolvimento**

Da Tabela 7.3-14 a Tabela 7.3-16, são apresentadas, respectivamente, a frequência e o respectivos estágios de desenvolvimento das aves são apresentadas, respectivamente, a frequência e o respectivos estágios de desenvolvimento das aves (*Larus dominicanus*, *Phalacrocorax brasilianus* e *Spheniscus magellanicus*), dos mamíferos (*Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*) e dos quelônios (*Caretta caretta* e *Chelonia mydas*). Verifica-se que, as espécies *Spheniscus magellanicus* e *Chelonia mydas* não apresentam indivíduos adultos o que impossibilita uma comparação entre estágios de desenvolvimento para essas duas espécies.

**Tabela 7.3-14** – Frequência de estágio de desenvolvimento para aves marinhas nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Espécie	Desenvolvimento	
	Adulto	Jovem
<i>Larus dominicanus</i>	7	13
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	4	7
<i>Spheniscus magellanicus</i>	0	156



**Tabela 7.3-15 – Frequência de estágio de desenvolvimento para mamíferos marinhos nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023**

Espécie	Desenvolvimento		
	Adulto	Jovem	Infantil
<i>Pontoporia blainvillei</i>	19	6	11
<i>Sotalia guianensis</i>	10	3	3

**Tabela 7.3-16 – Frequência de estágio de desenvolvimento para tartarugas-marinhas nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.**

Espécie	Desenvolvimento	
	Adulto	Jovem
<i>Caretta caretta</i>	4	8
<i>Chelonia mydas</i>	0	133

## Comparação entre estágios de desenvolvimento

### Aves marinhas

Também, no presente caso, não foram considerados os casos do Cr, Pb, Ni e Ba onde o elevado número de substituições por LD/2 causa uma distorção tanto na média como no desvio padrão.

A **Tabela 7.3-17** mostra os resultados da comparação entre as médias logarítmicas, realizada através do teste Z, os valores em negrito significam valores acima do valor de  $Z_{crit}$  (1,96), com resultados positivos de Z relacionados com uma concentração maior no estágio de desenvolvimento mais avançado.

Verifica-se que, para a espécie *Larus dominicanus* apenas As e Cu não apresentaram um efeito do estágio de desenvolvimento, observa-se para Cd uma maior concentração nos indivíduos adultos quando comparado com os indivíduos jovens, já para Mn, Mo, V, Zn e Hg nota-se, justamente, o contrário com uma maior concentração nos indivíduos jovens quando comparado com os indivíduos adultos. Para a espécie *Phalacrocorax brasilianus* verifica-se que o número de elementos que não apresentou um efeito do estágio de desenvolvimento é maior, 4, As, Mn, Mo e Hg. Nota-se, também, o mesmo comportamento para Cd com uma maior concentração nos indivíduos adultos quando comparado com os indivíduos jovens. Para os elementos Cu, Zn e V há um comportamento inverso com uma maior concentração nos indivíduos jovens quando comparado com os indivíduos adultos.

**Tabela 7.3-17** – Valores de  $Z$  para a comparação, entre estágios de desenvolvimentos (adulto/jovem), da média logarítmica da concentração elementar de acordo com as espécies de aves (valor em negrito significa valor superior a  $Z_{crit} = 1,96$ ), das amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Elemento	Espécie		
	<i>Larus dominicanus</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	<i>Spheniscus magellanicus</i>
As	-1,11	-0,51	Não aplicável
Cd	<b>4,79</b>	<b>4,26</b>	Não aplicável
Cu	-1,70	<b>-3,09</b>	Não aplicável
Mn	<b>-5,09</b>	-0,66	Não aplicável
Mo	<b>-4,31</b>	-0,08	Não aplicável
Zn	<b>-4,34</b>	<b>-4,87</b>	Não aplicável
V	<b>-2,07</b>	<b>-2,85</b>	Não aplicável
Hg	<b>-1,97</b>	1,28	Não aplicável

### Tartarugas-marinhas

Para os quelônios, não foram considerados, apenas, os casos do Cr e do Ba onde o elevado número de substituições por LD/2 causa uma distorção tanto na média como no desvio padrão.

Não foi possível avaliar a variável estágio de desenvolvimento para a espécie *Chelonia mydas* devido a indisponibilidade de indivíduos adultos. Desta forma, a avaliação ficou restrita ao caso de jovens e adultos em *Caretta caretta* (Tabela 7.3-18). Diferenças significativas foram observadas para o elemento Mn com jovens>adultos e para As, Pb, Mo, Ni V e Hg com adultos>jovens.

**Tabela 7.3-18** – Valores de  $Z$  para a comparação, entre estágios de desenvolvimentos (adulto/jovem), da média logarítmica da concentração elementar para a espécie *Caretta caretta* (valor em negrito significa valor superior a  $Z_{crit} = 1,96$ ), nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Elemento	Espécie	
	<i>Caretta caretta</i>	<i>Chelonia mydas</i>
As	<b>2,49</b>	Não aplicável
Cd	0,91	Não aplicável
Cu	-1,42	Não aplicável
Pb	<b>18,16</b>	Não aplicável
Mn	<b>-3,29</b>	Não aplicável
Mo	<b>2,07</b>	Não aplicável

Elemento	Espécie	
	<i>Caretta caretta</i>	<i>Chelonia mydas</i>
Zn	-1,01	Não aplicável
Ni	<b>5,99</b>	Não aplicável
V	<b>4,03</b>	Não aplicável
Hg	<b>2,76</b>	Não aplicável

### Mamíferos marinhos

Não foram considerados os casos do Cd, Cr, Pb, Ni e Ba onde o elevado número de substituições por LD/2 causa uma distorção tanto na média como no desvio padrão.

Na **Tabela 7.3-19** se apresenta a comparação entre as concentrações dos elementos-traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento da espécie *Sotalia guianensis* (10 adultos, três juvenis e três filhotes). Em termos de comparação entre jovens/adultos, quase todos os elementos, a menos de Cu e Mo, adultos apresentam médias superiores àquelas observadas em indivíduos jovens. Já em termos de uma comparação envolvendo filhotes, todos os elementos apresentam diferenças significativas, a menos de Cu na comparação Adultos/Filhotes, com Cd e Mo apresentando filhotes>adultos e As, Mn, Zn, V e Hg com adultos>filhotes. Entre filhotes e indivíduos juvenis, verifica-se Cd e Mo com filhotes>juvenis e Cu e Mn com juvenis>filhotes.

**Tabela 7.3-19** – Valores de Z para a comparação, entre estágios de desenvolvimentos (adulto/jovem/filhote), da média logarítmica da concentração elementar para a espécie *Sotalia guianensis* (valor em negrito significa valor superior a  $Z_{crit} = 1,96$ ), das amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Elemento	Diferença entre estágios		
	<i>Adulto/Jovem</i>	<i>Adulto/Infantil</i>	<i>Jovem/Infantil</i>
As	<b>4,77</b>	<b>5,18</b>	1,10
Cd	<b>3,73</b>	<b>-10,34</b>	<b>-11,33</b>
Cu	-1,24	1,77	<b>2,29</b>
Mn	<b>12,35</b>	<b>17,94</b>	<b>5,32</b>
Mo	-1,80	<b>-13,85</b>	<b>-10,33</b>
Zn	<b>9,95</b>	<b>16,27</b>	1,43
V	<b>13,06</b>	<b>20,56</b>	-1,21
Hg	<b>4,77</b>	<b>5,18</b>	1,10

Na **Tabela 7.3-20** se apresenta a comparação entre as concentrações dos elementos-traço obtidos para indivíduos de diferentes estágios de desenvolvimento da espécie *Pontoporia blainvillei* (19 adultos, 6 juvenis e 11 filhotes). Na comparação entre indivíduos adultos e filhotes, todos os elementos apresentam uma diferença significativa entre esses estágios de desenvolvimento. Aos comparar-se jovens com filhotes, verifica-se, também, diferenças significativas entre esses dois estágios para todos os elementos, com exceção do Mo. Observa-se, também, uma tendência para maiores concentrações nos adultos (quatro dentre sete elementos). O número de elementos com diferenças significativas decresce com a diferença entre estágios de desenvolvimento Adulto/Filhote (sete) > Jovem/Filhote (seis) > Adulto/Jovem (dois). Os elementos tóxicos, Cd e Hg, aumentam com a idade com maiores concentrações nos indivíduos adultos quando comparados com jovens e filhotes.

**Tabela 7.3-20** – Valores de Z para a comparação, entre estágios de desenvolvimentos (adulto/jovem/filhote), da média logarítmica da concentração elementar para a espécie *Pontoporia blainvillei* (valor em negrito significa valor superior a  $Z_{crit} = 1,96$ ), das amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Elemento	Diferença entre estágios		
	Adulto/Jovem	Adulto/Infantil	Jovem/Infantil
As	1,51	<b>10,44</b>	<b>3,21</b>
Cu	0,61	<b>-7,05</b>	<b>-6,00</b>
Mn	-1,95	<b>-8,41</b>	<b>-2,78</b>
Mo	<b>10,44</b>	<b>5,11</b>	-1,80
Zn	-0,22	<b>-22,54</b>	<b>-5,40</b>
V	<b>17,33</b>	<b>6,64</b>	<b>-9,39</b>
Hg	1,84	<b>17,86</b>	<b>4,72</b>

### **Local (Mesorregião)**

Dado o baixo número de indivíduos para a maioria das espécies, optou-se por escolher a espécies com o maior número de indivíduos dentre cada uma das classes, a saber: *Spheniscus magellanicus* (n = 156), *Pontoporia blainvillei* (n = 36) e *Chelonia mydas* (n = 133). Da **Tabela 7.3-21** a **Tabela 7.3-23** se

apresentam, respectivamente, os números de indivíduos de cada espécie, nos respectivos locais (mesorregião) de ocorrência.

**Tabela 7.3-21** – Frequência de local para *Spheniscus magellanicus* nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Local (Mesorregião)	Frequência
MS-01	3
MS-02	0
MS-03	0
MS-04	5
MS-05	7
MS-06	32
MS-07	45
MS-08	36
MS-09	1
MS-10	2
MS-11	1
MS-12	1
MS-13	3
Total	156

**Tabela 7.3-22** – Frequência de local para a espécie *Pontoporia blainvillei* nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Local (Mesorregião)	Frequência
MS-01	0
MS-02	2
MS-03	0
MS-04	2
MS-05	1
MS-06	4
MS-07	7
MS-08	8
MS-09	4
MS-10	6
MS-11	0
MS-12	0
MS-13	2
Total	36

**Tabela 7.3-23** – Frequência de local para *Chelonia mydas*, nas amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Local (Mesorregião)	Frequência
MS-01	2
MS-02	1
MS-03	4
MS-04	5
MS-05	7
MS-06	39

Local (Mesorregião)	Frequência
MS-07	38
MS-08	27
MS-09	1
MS-10	4
MS-11	3
MS-12	2
MS-13	0
Total	133

## Comparação entre locais (Mesorregiões)

### Aves marinhas

Comparou-se as concentrações dos elementos-traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (cinco mesorregiões) para *Spheniscus magellanicus* (Mesorregiões 04-08). Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise estatística ( $n \geq 4$ ). Do mesmo modo como nas avaliações estatísticas anteriores, foram excluídos aqueles elementos com mais de 50% de dados abaixo do LD: Cr, Pb, Ni e Ba.

As estatísticas descritivas para arsênio, cádmio, cobre, manganês, molibdênio, zinco, vanádio e mercúrio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nas diferentes mesorregiões são apresentadas na **Tabela 7.3-24**, **Tabela 7.3-34**, **Tabela 7.3-36** e **Tabela 7.3-38** respectivamente.

Uma vez que os dados seguem uma distribuição *lognormal*, os testes de comparação de médias foram realizados empregando-se a média geométrica. Verifica-se que as cinco mesorregiões são, estatisticamente, equivalentes, entre si para arsênio, cádmio, manganês, molibdênio, zinco, vanádio e mercúrio (**Tabela 7.3-25** e **Tabela 7.3-39** respectivamente). Apenas cobre difere desse padrão (**Tabela 7.3-29**) com uma equivalência entre as Mesorregiões 04, 06, 07 e 08 mas a Mesorregião 05 diferindo das demais, com valores médios (média e mediana) inferiores às demais regiões.

**Tabela 7.3-24** – Concentrações médias encontradas para arsênio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-04	5	7,0	4,9	5,4	2,3	1,9	13,5
MS-05	7	4,0	3,2	3,2	2,1	1,3	10,5
MS-06	32	8,1	10,1	5,0	2,7	0,6	56,1

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	45	5,7	4,2	4,4	2,1	0,8	17,5
MS-08	36	6,8	7,9	4,4	2,6	0,7	43,9

**Tabela 7.3-25** – Teste comparativo para as médias geométricas de arsênio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%), <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	04	05	06	07	08
MS-04		=	=	=	=
MS-05	=		=	=	=
MS-06	=	=		=	=
MS-07	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	

**Tabela 7.3-26** – Concentrações médias encontradas para cádmio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-04	5	41,3	26,6	33,4	2,2	11,0	79,0
MS-05	7	37,0	22,3	30,0	2,1	10,1	70,4
MS-06	32	42,9	26,5	34,8	2,0	4,0	104
MS-07	45	44,0	42,6	31,9	2,2	5,6	246
MS-08	36	42,0	31,8	35,4	1,7	10,4	192

**Tabela 7.3-27** – Teste comparativo para as médias geométricas de cádmio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	04	05	06	07	08
MS-04		=	=	=	=
MS-05	=		=	=	=
MS-06	=	=		=	=
MS-07	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	

**Tabela 7.3-28** – Concentrações médias encontradas para Cobre nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-04	5	35,2	9,8	34,2	1,3	27,4	50,0
MS-05	7	22,5	6,6	21,6	1,4	12,5	29,9
MS-06	32	32	14	28,8	1,5	11,1	74,5
MS-07	45	34	19	30,6	1,5	10,4	133
MS-08	36	31,1	9,3	29,7	1,3	16,1	55,0

**Tabela 7.3-29** – Teste comparativo para as médias geométricas de cobre nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	04	05	06	07	08
MS-04		<>	=	=	=
MS-05	<>		=	<>	<>
MS-06	=	=		=	=
MS-07	=	<>	=		=
MS-08	=	<>	=	=	

**Tabela 7.3-30** – Concentrações médias encontradas para Manganês nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-04	5	8,08	3,11	7,62	1,46	4,67	12,8
MS-05	7	7,82	2,17	7,54	1,35	4,49	11,3
MS-06	32	6,91	1,99	6,65	1,32	3,30	13,3
MS-07	45	6,90	1,90	6,68	1,29	3,72	13,5
MS-08	36	7,38	2,25	7,05	1,36	2,96	13,1

**Tabela 7.3-31** – Teste comparativo para as médias geométricas de manganês nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	04	05	06	07	08
MS-04		=	=	=	=
MS-05	=		=	=	=
MS-06	=	=		=	=
MS-07	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	



**Tabela 7.3-32** – Concentrações médias encontradas para Molibdênio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-04	5	5,9	1,6	5,7	1,3	4,0	7,9
MS-05	7	4,4	1,5	4,2	1,4	2,5	6,7
MS-06	32	5,0	1,4	4,8	1,4	1,5	8,5
MS-07	45	5,2	1,2	5,1	1,3	2,1	8,6
MS-08	36	5,6	2,2	5,3	1,4	2,8	14,9

**Tabela 7.3-33** – Teste comparativo para as médias geométricas de molibdênio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	04	05	06	07	08
MS-04		=	=	=	=
MS-05	=		=	=	=
MS-06	=	=		=	=
MS-07	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	

**Tabela 7.3-34** – Concentrações médias encontradas para Zinco nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-04	5	294	42	291	1,2	237	345
MS-05	7	271	87	257	1,4	134	376
MS-06	32	308	91	295	1,4	133	528
MS-07	45	317	113	302	1,4	152	850
MS-08	36	342	104	327	1,4	179	571

**Tabela 7.3-35** – Teste comparativo para as médias geométricas de zinco nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	04	05	06	07	08
MS-04		=	=	=	=
MS-05	=		=	=	=
MS-06	=	=		=	=
MS-07	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	

**Tabela 7.3-36 – Concentrações médias encontradas para Vanádio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-04	5	0,45	0,42	0,32	2,7	0,08	1,17
MS-05	7	0,51	0,39	0,40	2,1	0,16	1,16
MS-06	32	0,70	0,61	0,48	2,6	0,04	2,70
MS-07	45	0,50	0,42	0,36	2,4	0,04	1,91
MS-08	36	0,54	0,42	0,41	2,3	0,06	1,84

**Tabela 7.3-37 – Teste comparativo para as médias geométricas de vanádio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.**

Mesorregião	04	05	06	07	08
MS-04		=	=	=	=
MS-05	=		=	=	=
MS-06	=	=		=	=
MS-07	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	

**Tabela 7.3-38 – Concentrações médias encontradas para mercúrio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.**

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-04	5	9,1	3,6	8,6	1,5	5,8	14,6
MS-05	7	9,8	5,3	8,3	2,0	3,1	17,2
MS-06	32	10,5	3,7	9,0	2,5	0,0	19,6
MS-07	45	10,9	8,6	9,2	1,7	2,8	60,1
MS-08	36	10,2	4,3	8,9	1,9	0,5	20,2

**Tabela 7.3-39 – Teste comparativo para as médias geométricas de mercúrio nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.**

Mesorregião	04	05	06	07	08
MS-04		=	=	=	=
MS-05	=		=	=	=
MS-06	=	=		=	=
MS-07	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	

### Tartarugas-marinhas

Comparou-se as concentrações dos elementos-traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (seis mesorregiões) para *Chelonia mydas* (MS-03 a MS-08). Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise estatística ( $n \geq 4$ ). Do mesmo modo como nas avaliações estatísticas anteriores, foram excluídos aqueles elementos com mais de 50% de dados abaixo do LD: Cr e Ba.

As estatísticas descritivas para arsênio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nas diferentes mesorregiões são apresentadas na **Tabela 7.3-40** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-41**. Com exceção da Mesorregião 06, que apresenta uma média geométrica superior à Mesorregião 07, todos as demais possuem média geométrica, estatisticamente, equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-40** – Concentrações médias encontradas para arsênio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	6,7	1,3	6,6	1,2	4,8	7,6
MS-04	5	11,7	11,2	8,1	2,7	2,1	30,8
MS-05	7	7,2	4,8	6,1	1,9	3,6	16,2
MS-06	39	18,2	32,0	8,6	3,1	1,0	179
MS-07	38	9,4	14,8	5,2	2,8	0,6	88,0
MS-08	27	16,2	28,7	7,5	3,3	0,8	141

**Tabela 7.3-41** – Teste comparativo para as médias geométricas de arsênio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	=	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	=	=		=	=	=
MS-06	=	=	=		<>	=
MS-07	=	=	=	<>		=
MS-08	=	=	=	=	=	

As estatísticas descritivas para cádmio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais são apresentadas na **Tabela 7.3-42** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-43**. Com exceção da Mesorregião 07, que apresenta uma média geométrica superior à Mesorregião 05, todos as demais possuem média geométrica, estatisticamente, equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-42** – Concentrações médias encontradas para cádmio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	34,6	17,0	30,8	1,8	13,1	54,6
MS-04	5	17,5	9,2	15,9	1,6	8,9	33,0
MS-05	7	15,3	14,3	11,4	2,2	5,1	45,1
MS-06	39	27,2	28,1	19,4	2,2	6,1	139
MS-07	38	24,6	12,3	21,4	1,8	3,9	53,3
MS-08	27	26,6	21,5	20,5	2,1	2,5	97,3

**Tabela 7.3-43** – Teste comparativo para as médias geométricas de cádmio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	=	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	=	=		=	<>	=
MS-06	=	=	=		=	=
MS-07	=	=	<>	=		=
MS-08	=	=	=	=	=	

As estatísticas descritivas para cobre aparecem na **Tabela 7.3-44** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-45**. Cobre apresenta o mesmo perfil verificado para o cádmio com a Mesorregião 07, apresentando uma média geométrica superior à Mesorregião 05, e todos as demais com uma média geométrica, estatisticamente, equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-44** – Concentrações médias encontradas para cobre nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	321	194	262	2	83	538
MS-04	5	211	76	202	1	150	341
MS-05	7	135	94	98	3	25	272
MS-06	39	194	95	174	2	78	456
MS-07	38	217	134	185	2	50	596
MS-08	27	214	131	179	2	50	514

**Tabela 7.3-45** – Teste comparativo para as médias geométricas de cobre nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	=	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	=	=		=	<>	=
MS-06	=	=	=		=	=
MS-07	=	=	<>	=		=
MS-08	=	=	=	=	=	

Ao contrário do verificado para aves e mamíferos, o chumbo foi quantificável em todas as amostras de fígado de quelônios. As estatísticas descritivas para chumbo nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais são apresentadas na **Tabela 7.3-46** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-47**. Verifica-se que a Mesorregião 05 apresenta uma média geométrica inferior as Mesorregiões 03, 07 e 08. Por outro lado, as demais mesorregiões possuem médias geométricas equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-46** – Concentrações médias encontradas para chumbo nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	2,06	1,68	1,30	3,70	0,22	3,65
MS-04	5	1,85	1,97	0,97	4,09	0,22	4,97
MS-05	7	0,39	0,53	0,17	3,72	0,05	1,31
MS-06	39	0,99	2,16	0,44	3,29	0,06	12,8
MS-07	38	1,18	1,09	0,73	2,93	0,07	4,61
MS-08	27	1,39	1,51	0,78	3,13	0,12	5,34

**Tabela 7.3-47** – Teste comparativo para as médias geométricas de chumbo nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	<>	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	<>	=		=	<>	<>
MS-06	=	=	=		=	=
MS-07	=	=	<>	=		=
MS-08	=	=	<>	=	=	

Na **Tabela 7.3-48** apresenta-se a estatística descritiva referente ao manganês em amostras de fígado de *Chelonia mydas* e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-49**. Seguindo a tendência observada para os outros elementos, não se verifica uma influência do fator mesorregião nos valores médios de manganês. Exceções são raras e envolvem, principalmente, a Mesorregião 08 com uma média geométrica superior às Mesorregiões 05 e 06.

**Tabela 7.3-48** – Concentrações médias encontradas para manganês nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	9,5	2,0	9,3	1,2	7,3	11,2
MS-04	5	10,7	3,9	10,1	1,5	5,9	15,8
MS-05	7	8,0	3,0	7,5	1,5	4,0	12,4
MS-06	39	10,2	3,4	9,7	1,4	5,3	21,2
MS-07	38	10,9	4,9	10,0	1,6	3,5	23,2
MS-08	27	12,2	4,5	11,5	1,4	6,9	24,2

**Tabela 7.3-49** – Teste comparativo para as médias geométricas de manganês nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	=	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	=	=		=	=	<>

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-06	=	=	=		=	<>
MS-07	=	=	=	=		=
MS-08	=	=	<>	<>	=	

As estatísticas descritivas para molibdênio aparecem na **Tabela 7.3-50** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-51**. Seguindo a mesma tendência, já relatada para os outros elementos, todos as mesorregiões possuem média geométrica equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-50** – Concentrações médias encontradas para molibdênio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	1,02	0,80	0,70	3,19	0,14	1,96
MS-04	5	1,22	0,63	1,07	1,83	0,44	2,08
MS-05	7	0,60	0,33	0,53	1,73	0,24	1,09
MS-06	39	0,78	0,48	0,62	2,18	0,05	1,88
MS-07	38	1,04	0,62	0,85	2,01	0,16	2,87
MS-08	27	1,03	0,78	0,79	2,34	0,05	3,79

**Tabela 7.3-51** – Teste comparativo para as médias geométricas de molibdênio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	=	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	=	=		=	=	=
MS-06	=	=	=		=	=
MS-07	=	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	=	

Na **Tabela 7.3-52** apresenta-se a estatística descritiva referente ao zinco em amostras de fígado de *Chelonia mydas* e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-53**. Seguindo a tendência observada para os outros elementos, não se verifica uma influência do fator mesorregião nos valores médios de zinco. As únicas exceções a

Mesorregião 05, que apresenta a menor média geométrica e é, estatisticamente, inferior às Regiões 07 e 08.

**Tabela 7.3-52** – Concentrações médias encontradas para zinco nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	170	53	163	1,4	101	229
MS-04	5	139	27	137	1,2	111	176
MS-05	7	110	58	98	1,7	53	214
MS-06	39	136	41	129	1,4	71	220
MS-07	38	155	54	147	1,4	81	315
MS-08	27	157	47	149	1,4	67	254

**Tabela 7.3-53** – Teste comparativo para as médias geométricas de zinco nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	=	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	=	=		=	<>	<>
MS-06	=	=	=		=	=
MS-07	=	=	<>	=		=
MS-08	=	=	<>	=	=	

Ao contrário do verificado para aves e mamíferos, o níquel foi quantificável em muitas amostras de fígado de quelônios. As estatísticas descritivas para níquel nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais são apresentadas na **Tabela 7.3-54** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-55**. A Mesorregião 05 apresenta uma média geométrica inferior à todas as outras regiões, enquanto as Mesorregiões 03, 04, 06, 07 e 08 apresentam médias geométricas equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-54** – Concentrações médias encontradas para Níquel nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	0,49	0,39	0,41	2,06	0,27	0,94
MS-04	5	0,44	0,18	0,42	1,50	0,26	0,65



Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-05	7	0,14	0,10	0,11	2,15	0,05	0,30
MS-06	39	0,49	0,69	0,30	2,65	0,05	3,76
MS-07	38	0,54	0,78	0,28	3,02	0,05	4,00
MS-08	27	0,66	0,90	0,35	3,26	0,05	3,90

**Tabela 7.3-55** – Teste comparativo para as médias geométricas de níquel nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	<>	=	=	=
MS-04	=		<>	=	=	=
MS-05	<>	<>		<>	<>	<>
MS-06	=	=	<>		=	=
MS-07	=	=	<>	=		=
MS-08	=	=	<>	=	=	

Na **Tabela 7.3-56** apresenta-se a estatística descritiva referente ao vanádio em amostras de fígado de *Chelonia mydas* e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-57**. Pode-se concluir que a mediana referente ao vanádio nas Mesorregiões 03 e 04 é equivalente àquela encontrada em todas as demais regiões. Já para a Região 05 e 06, nota-se que além de diferirem entre si, com 05<06, elas possuem mediana inferiores às observadas nas Mesorregiões 07 e 08.

**Tabela 7.3-56** – Concentrações médias encontradas para vanádio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	1,05	0,87	0,63	4,06	0,09	1,89
MS-04	5	0,61	0,59	0,29	5,11	0,03	1,41
MS-05	7	0,26	0,35	0,11	4,71	0,01	0,81
MS-06	39	0,64	0,90	0,32	3,16	0,06	3,38
MS-07	38	0,77	0,78	0,53	2,64	0,03	4,60
MS-08	27	1,02	1,69	0,58	2,67	0,12	8,81

**Tabela 7.3-57** – Teste comparativo para as médias geométricas de vanádio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	=	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	=	=		<>	<>	<>
MS-06	=	=	<>		<>	<>
MS-07	=	=	<>	<>		=
MS-08	=	=	<>	<>	=	

A estatística descritiva referente aos dados de mercúrio em amostras de fígado de *Chelonia mydas*, discriminados em relação às mesorregiões, é apresentada na **Tabela 7.3-58** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-59**. Nota-se que todas as seis mesorregiões apresentam mediana (média geométrica) equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-58** – Concentrações médias encontradas para mercúrio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-03	4	0,92	0,85	0,65	2,62	0,28	2,10
MS-04	5	1,3	1,3	0,65	4,49	0,13	3,22
MS-05	7	0,47	0,40	0,37	2,04	0,18	1,29
MS-06	39	2,8	11,4	0,74	3,48	0,02	71,8
MS-07	38	1,06	0,99	0,73	2,52	0,07	5,03
MS-08	27	0,94	0,66	0,72	2,25	0,11	2,41

**Tabela 7.3-59** – Teste comparativo para as médias geométricas de mercúrio nos indivíduos de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	03	04	05	06	07	08
MS-03		=	=	=	=	=
MS-04	=		=	=	=	=
MS-05	=	=		=	=	=
MS-06	=	=	=		=	=
MS-07	=	=	=	=		=
MS-08	=	=	=	=	=	

## Mamíferos marinhos

Comparou-se as concentrações dos elementos-traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (quatro Mesorregiões: 07, 08, 09 e 10) para *Pontoporia blainvillei*. Foram excluídos os locais com frequência inferior ao mínimo satisfatório para análise ( $n \geq 4$ ). Foram excluídos, também, os elementos Cr, Pb, Ni e Ba em função do critério de 50% dos valores iguais a LD/2, nesse critério, também, foram enquadrados o Cd e o V.

As estatísticas descritivas para arsênio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais são apresentadas na **Tabela 7.3-60** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-61**. Nota-se que as Mesorregiões 07 e 09 apresentam uma média geométrica inferior às demais mesorregiões. Porém, do ponto de vista estatístico, apenas a diferença entre as Regiões 09 e 10, é considerada válida.

**Tabela 7.3-60** – Concentrações médias encontradas para arsênio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	7	1,11	0,75	0,83	2,58	0,15	2,15
MS-08	8	1,37	0,59	1,27	1,51	0,63	2,59
MS-09	4	0,86	0,27	0,83	1,41	0,52	1,07
MS-10	6	1,37	0,25	1,35	1,20	1,14	1,66

**Tabela 7.3-61** – Teste comparativo para as médias geométricas de arsênio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	07	08	09	10
MS-07		=	=	=
MS-08	=		=	=
MS-09	=	=		<>
MS-10	=	=	<>	

Na **Tabela 7.3-62** apresenta-se a estatística descritiva referente ao vanádio em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-63**. Nota-se que a média geométrica para cobre na Mesorregião 09 é cerca de 2-3 vezes menor do observados nas mesorregiões 07, 08 e 10, as quais são semelhantes

entre si. O teste de comparação para as médias geométricas reflete essa observação apontando resultados equivalentes para essas mesorregiões e diferente para a Região 09.

**Tabela 7.3-62** – Concentrações médias encontradas para cobre nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	7	83	98	48	2,9	18	274
MS-08	8	108	228	39	3,4	13	673
MS-09	4	16,3	4,3	15,9	1,3	12,5	22,1
MS-10	6	70	87	46	2,5	22	245

**Tabela 7.3-63** – Teste comparativo para as médias geométricas de cobre nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	07	08	09	10
MS-07		=	<>	=
MS-08	=		=	=
MS-09	<>	=		=
MS-10	=	=	=	

A estatística descritiva referente ao manganês em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* é demonstrada na **Tabela 7.3-64** enquanto os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas são apresentados na **Tabela 7.3-65**. Nota-se que a média geométrica de manganês na Mesorregião 08 é distinta das demais, em particular em relação à Região 09. O teste de comparação de médias reflete essa observação, com uma diferença, estatisticamente, válida entre elas. Em relação às outras mesorregiões, elas são consideradas equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-64** – Concentrações médias encontradas para manganês nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	7	19,5	9,3	17,4	1,7	7,1	35,5
MS-08	8	23,4	8,1	22,1	1,5	11,1	37,5
MS-09	4	14,0	2,4	13,8	1,2	12,0	17,4
MS-10	6	16,4	6,8	15,0	1,6	6,3	25,6

**Tabela 7.3-65** – Teste comparativo para as médias geométricas de manganês nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	07	08	09	10
MS-07		=	=	=
MS-08	=		<>	=
MS-09	=	<>		=
MS-10	=	=	=	

As estatísticas descritivas para molibdênio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais são apresentadas na **Tabela 7.3-66** e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas encontram-se na **Tabela 7.3-67**. Nota-se que a Região 10 apresenta uma média geométrica bem superior às três demais mesorregiões. Consequentemente, o teste comparativo entre as médias apresentou que a Mesorregião 10 apresenta média geométrica diferente das três outras regiões aos quais, por sua vez, não diferem entre si.

**Tabela 7.3-66** – Concentrações médias encontradas para molibdênio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	7	1,86	1,43	1,35	2,56	0,43	3,89
MS-08	8	2,33	1,54	1,95	1,90	0,93	5,07
MS-09	4	1,49	0,32	1,46	1,27	1,03	1,77
MS-10	6	4,21	0,70	4,17	1,17	3,62	5,41

**Tabela 7.3-67** – Teste comparativo para as médias geométricas de molibdênio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	07	08	09	10
MS-07		=	=	<>
MS-08	=		=	<>
MS-09	=	=		<>
MS-10	<>	<>	<>	

A estatística descritiva referente ao zinco em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* é demonstrada na **Tabela 7.3-68** enquanto os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas são apresentados na **Tabela 7.3-69**. Apesar da mediana relativa ao zinco ser inferior às demais, em particular, as Mesorregiões 07 e 08, elas são, estatisticamente, iguais entre si.

**Tabela 7.3-68** – Concentrações médias encontradas para zinco nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg, para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023).

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	7	234	118	212	1,6	128	458
MS-08	8	218	120	196	1,6	109	468
MS-09	4	138	35	135	1,3	97	174
MS-10	6	171	70	161	1,5	91	297

**Tabela 7.3-69** – Teste comparativo para as médias geométricas de zinco nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	07	08	09	10
MS-07		=	=	=
MS-08	=		=	=
MS-09	=	=		=
MS-10	=	=	=	

Na **Tabela 7.3-70** apresenta-se a estatística descritiva referente ao mercúrio em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* e os resultados do teste de comparação entre as médias geométricas na **Tabela 7.3-71**. Nota-se que a média geométrica para mercúrio na Mesorregião 10 é 2-3 vezes inferior àquelas verificadas nas Mesorregiões 07-09, as quais são muito semelhantes entre si. No entanto, o teste de comparação para as médias geométricas mostra apenas uma diferença válida, envolvendo as Regiões 08 e 10, e resultados equivalentes entre as demais mesorregiões.

**Tabela 7.3-70** – Concentrações médias encontradas para mercúrio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (valores em mg/kg), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	N	MÉDIA	DESVIO	M.GEOM	D.GEOM	MÍNIMO	MÁXIMO
MS-07	7	3,4	3,1	2,6	2,2	1,2	9,6
MS-08	8	2,7	1,5	2,4	1,7	1,1	5,7
MS-09	4	3,2	0,9	3,1	1,3	2,7	4,4
MS-10	6	7,8	6,1	5,9	2,4	1,4	18,8

**Tabela 7.3-71** – Teste comparativo para as médias geométricas de mercúrio nos indivíduos de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes), para amostras analisadas para elementos traço no ano de 2023.

Mesorregião	07	08	09	10
MS-07		=	=	=
MS-08	=		=	<>
MS-09	=	=		=
MS-10	=	<>	=	

### **Estatística temporal (ano de coleta)**

Para fins de avaliação de uma variação temporal serão consideradas as duas espécies mais representativas de cada classe: Aves = *Spheniscus magellanicus* (n = 1237) e *Larus dominicanus* (n = 274); Tartarugas-marinhas: *Caretta caretta* (n = 70) e *Chelonia mydas* (n = 1271); Mamíferos: *Pontoporia blainvillei* (n = 177) e *Sotalia guianensis* (n = 125), contemplando os resultados acumulados para os anos anteriores (série histórica).

### **Aves marinhas**

No caso das aves, não foram incluídos na avaliação Cr, Pb, Ni e Ba por possuírem um número de resultados abaixo do LD maior do que 50%.

### ***Spheniscus magellanicus***

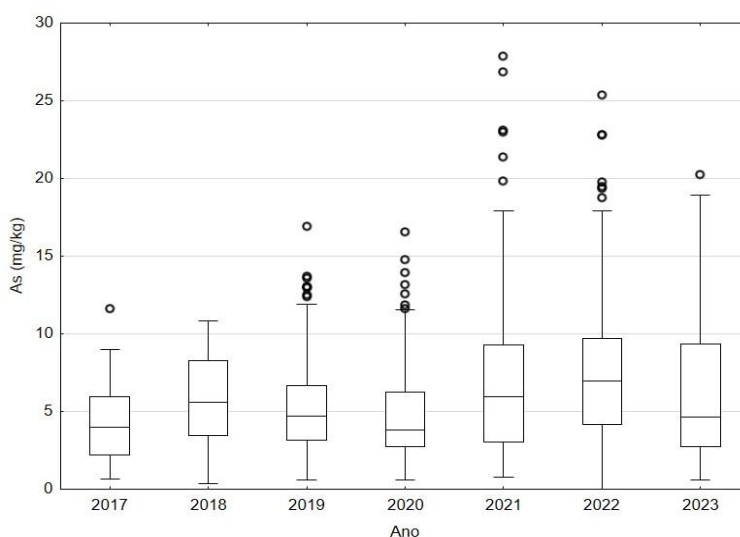
Na

**Tabela 7.3-72** são apresentadas as médias geométricas das concentrações dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos e elementos com n amostral adequado (>LD, n ≥ 4).

**Tabela 7.3-72** – Mediana das concentrações dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Spheniscus magellanicus* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos e elementos com *n* amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ). Valores em mg/kg.

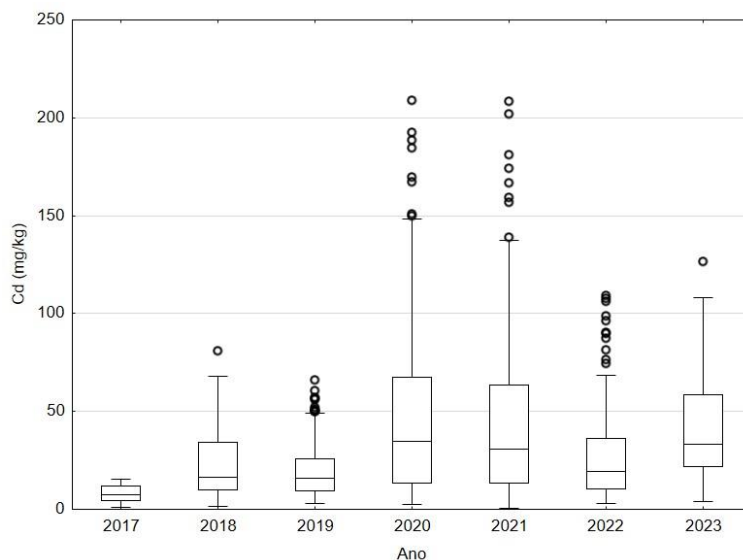
Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elemento	N = 23	N = 50	N = 171	N = 214	N = 312	N = 186	N = 156
As	3,51	4,87	4,43	4,01	5,37	6,02	4,7
Cd	8,1	16,2	16,6	30,3	28,1	20,4	33
Cu	15,6	24,3	21,3	30,0	30,4	23,7	29
Mn	6,43	7,85	6,84	7,50	7,44	7,41	7,0
Mo	3,65	3,16	3,46	4,25	4,43	3,81	5,1
Zn	153	233	209	253	251	234	303
V	0,05	0,21	0,06	0,17	0,22	0,20	0,42
Hg	2,64	2,97	5,53	5,24	6,58	5,69	10,1

Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus*, ao longo do período 2017-2023, são apresentados da **Figura 7.3-27** a **Figura 7.3-34**. A não ser, aparentemente, o Hg e o V, não é verificada uma clara tendência de variação temporal.

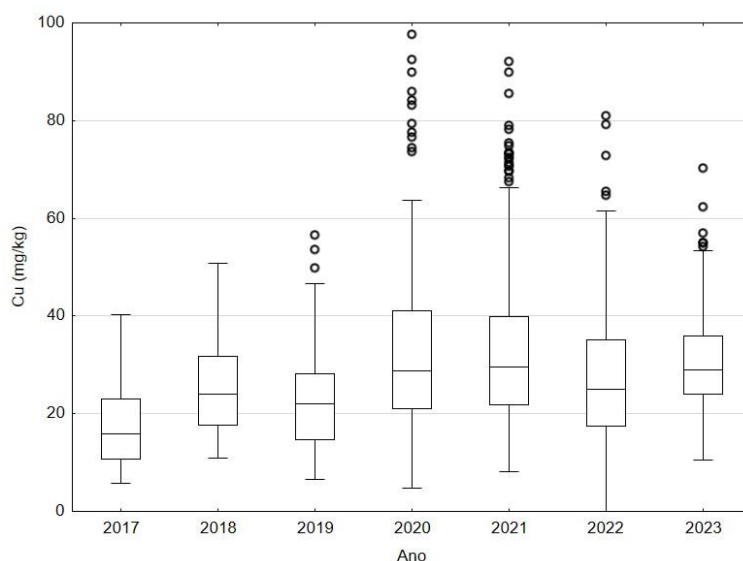


**Figura 7.3-27** Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

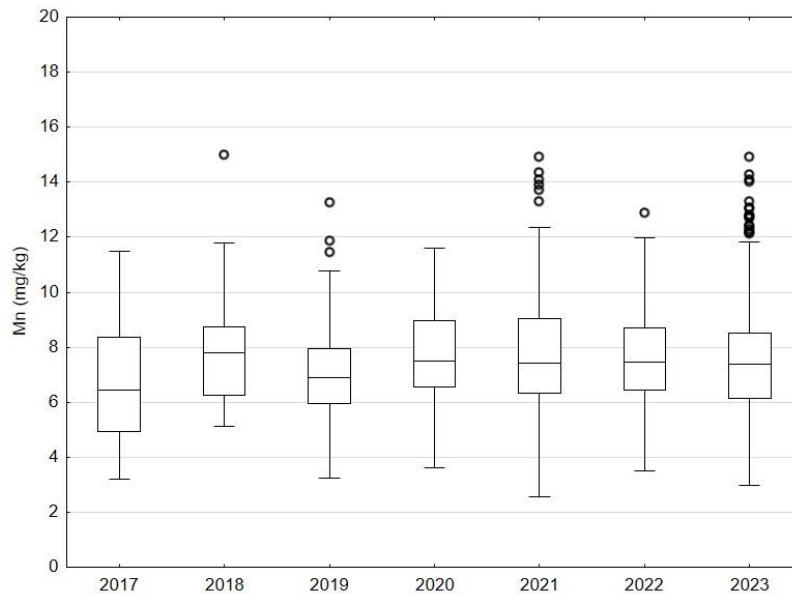




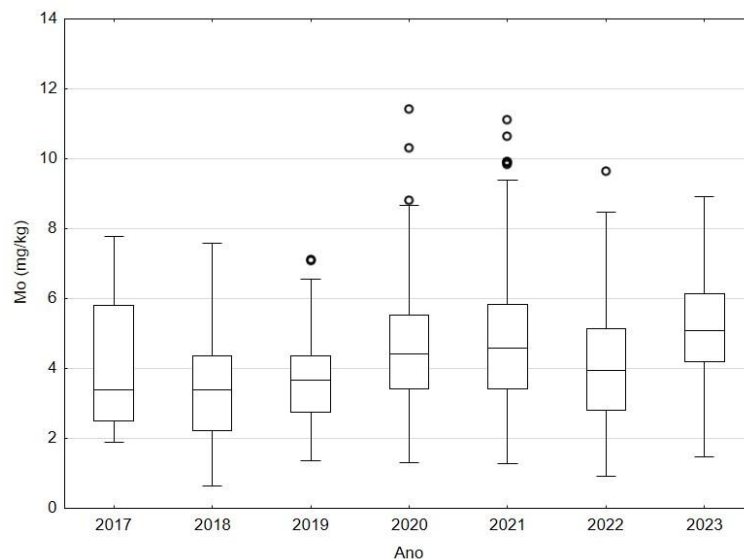
**Figura 7.3-28** – Gráfico de caixas para Cd em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



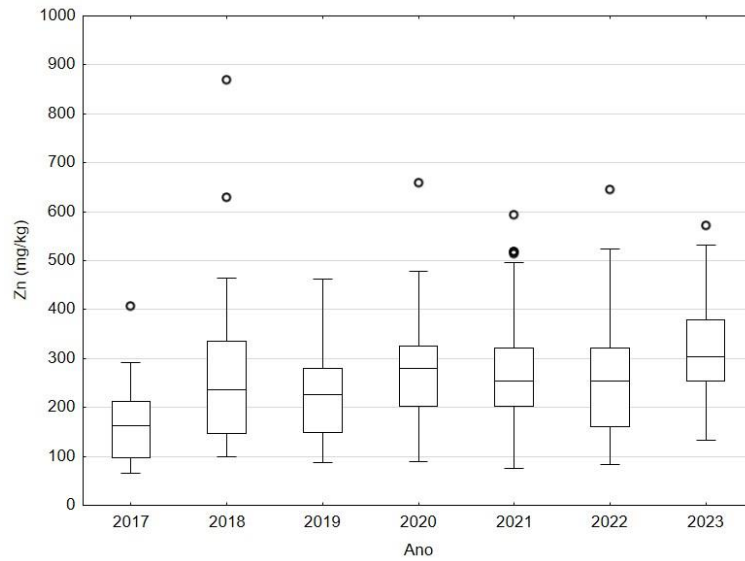
**Figura 7.3-29** – Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



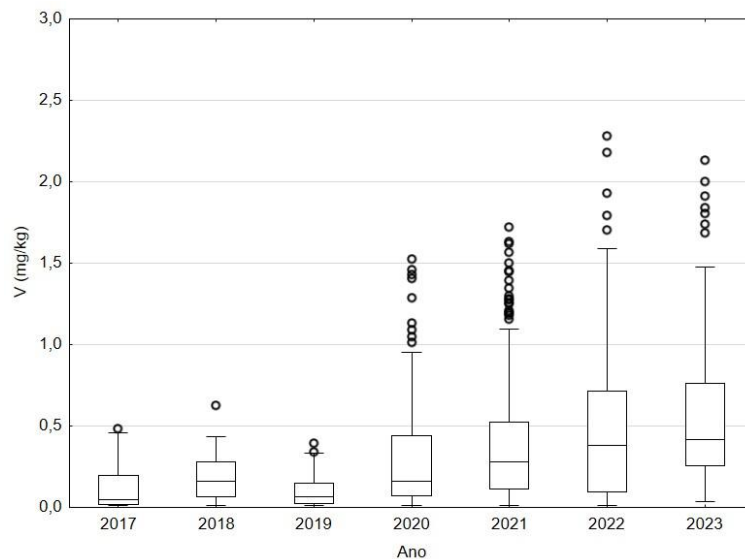
**Figura 7.3-30** – Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



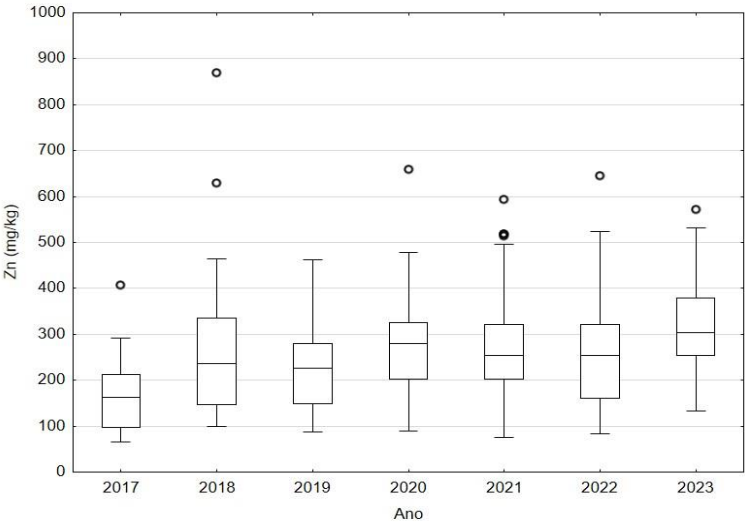
**Figura 7.3-31** – Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-32** – Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-33** – Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-34** – Gráfico de caixas para Hg em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

De modo a avaliar se existe uma real tendência de aumento da concentração de Hg em amostras de fígado de *Spheniscus magellanicus*, ao longo do período 2017-2023, foi realizado o teste comparativo para as medianas (**Tabela 7.3-73**). Nota-se que, ao ano de 2023 é, estatisticamente, superior aos demais anos e que os de 2017 e 2018, significativamente, menores que os demais anos. Já os anos de 2019-2022 apresentam valores intermediários, diferentes dos anos de 2017, 2018 e 2013, mas equivalentes entre si.

**Tabela 7.3-73** – Teste comparativo para as médias geométricas de Hg nos indivíduos de *Spheniscus magellanicus* ao longo do período 2017-2023 (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes).

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
2017		=	<>	<>	<>	<>	<>
2018	=		<>	<>	<>	<>	<>
2019	<>	<>		=	<>	=	<>
2020	<>	<>	=		<>	=	<>
2021	<>	<>	<>	<>		<>	<>
2022	<>	<>	=	=	<>		<>
2023	<>	<>	<>	<>	<>	<>	

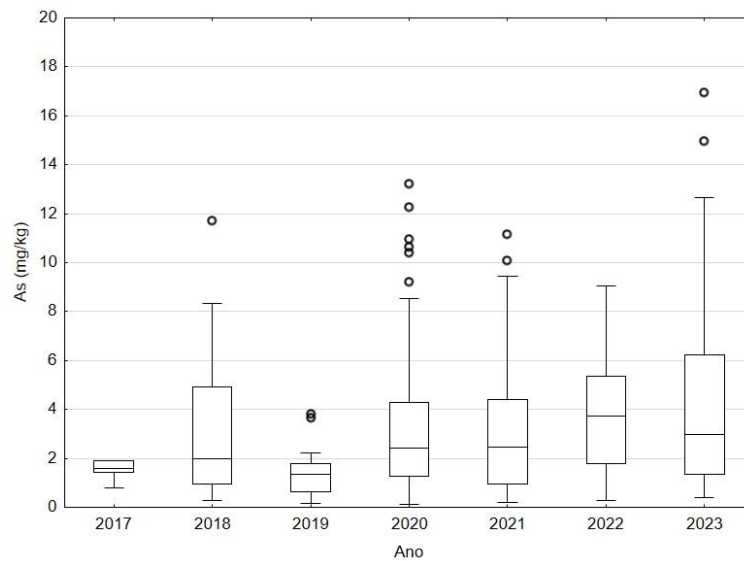
***Larus dominicanus***

As medianas obtidas para os elementos-traço analisados, nos indivíduos, da espécie *Larus dominicanus*, encontrados ao longo dos diferentes anos de coleta, são apresentadas na **Tabela 7.3-74**.

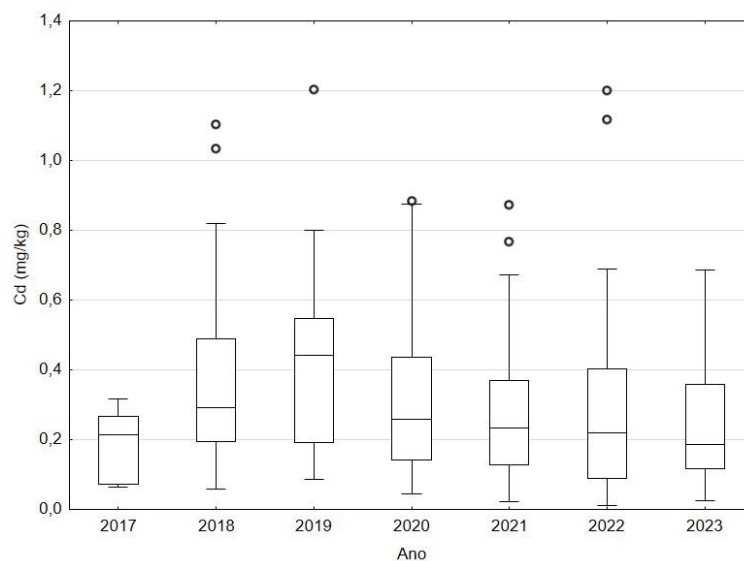
**Tabela 7.3-74** – Concentrações médias dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Larus dominicanus* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com *n* amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elemento	N = 4	N = 32	N = 14	N = 83	N = 45	N = 43	N = 20
As	1,88	2,01	1,14	2,31	2,16	2,73	3,0
Cd	0,15	0,30	0,36	0,26	0,23	0,19	0,19
Cu	12,1	14,3	12,7	14,6	13,2	14,9	18,3
Mn	11,5	11,6	10,6	12,1	11,8	13,3	13,0
Mo	2,05	1,84	1,88	1,85	1,80	2,04	2,28
Zn	156	121	90,1	117	117	130	111
V	0,36	0,13	0,14	0,42	0,21	0,30	0,056
Hg	2,32	2,67	2,12	2,84	3,28	2,68	2,6

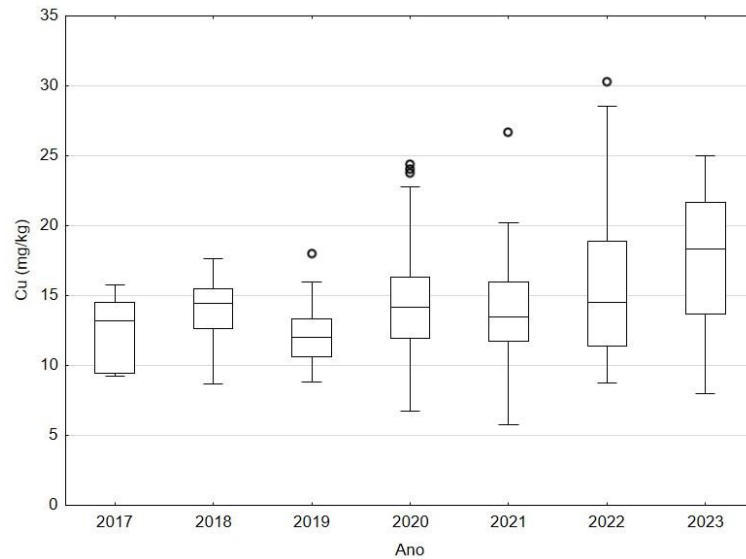
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Larus dominicanus*, ao longo do período 2017-2023, são apresentados da **Figura 7.3-35** a **Figura 7.3-42**. A não ser, aparentemente, o As, não é verificada uma clara tendência de variação temporal.



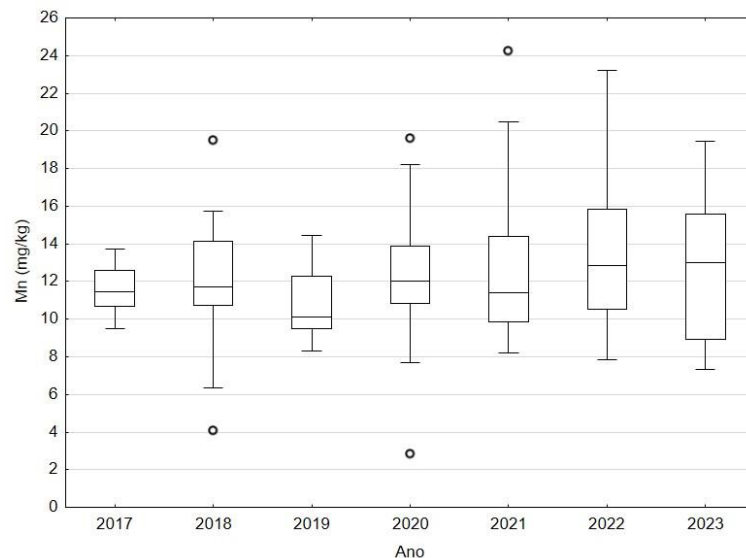
**Figura 7.3-35** – Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



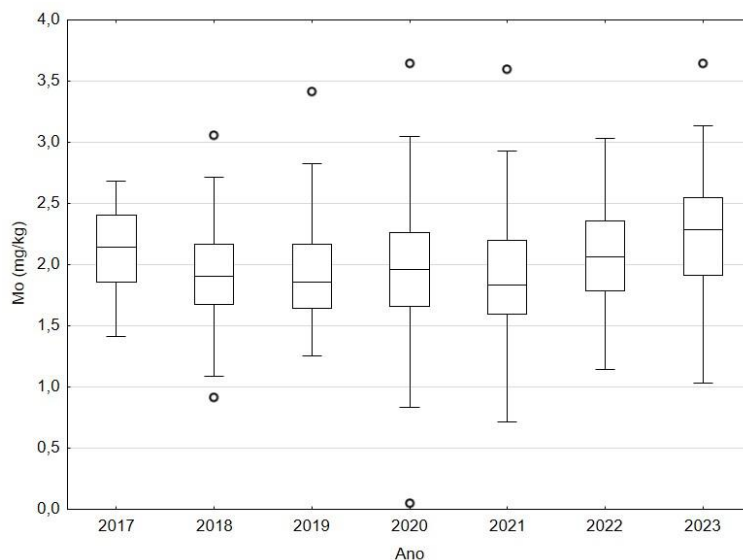
**Figura 7.3-36** – Gráfico de caixas para Cd em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



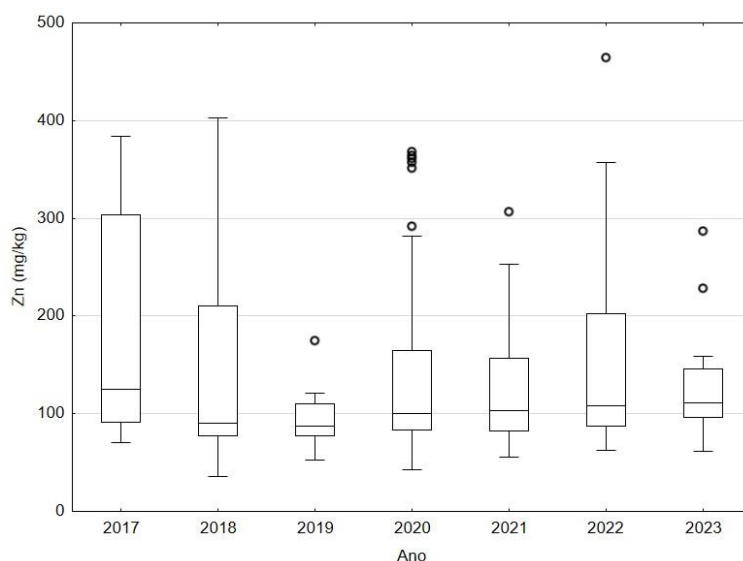
**Figura 7.3-37** – Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-38** – Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

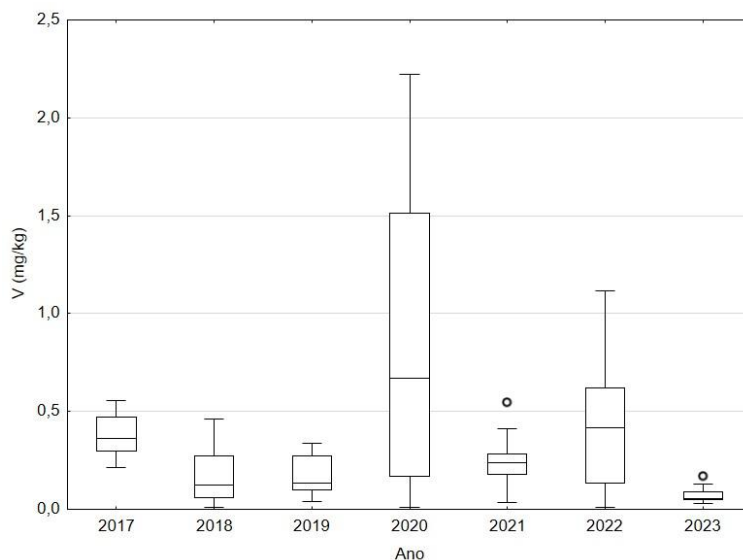


**Figura 7.3-39** – Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

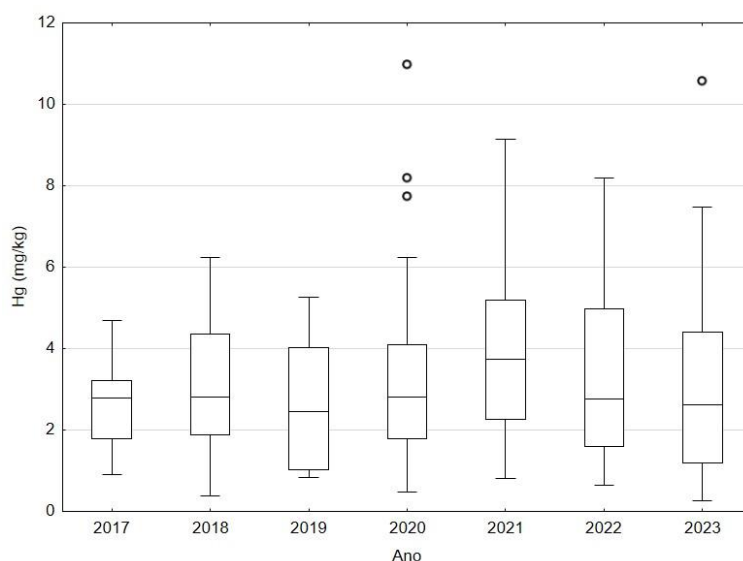


**Figura 7.3-40** – Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).





**Figura 7.3-41** – Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-42** – Gráfico de caixas para Hg em amostras de fígado de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

De modo a avaliar se existe uma real tendência de aumento da concentração de As em amostras de fígado de de *Larus dominicanus*, ao longo do período 2017-2023, foi realizado o teste comparativo para as medianas (**Tabela 7.3-75**). Verifica-se que todas as médias geométricas são equivalentes

entre si, a menos do 2019, que apresenta a menor média e é, estatisticamente, diferente dos demais.

**Tabela 7.3-75** – Teste comparativo para as médias geométricas de Hg nos indivíduos de *Larus dominicanus* ao longo do período 2017-2023 (= significam valores estatisticamente iguais (95%) e <> significam valores estatisticamente diferentes).

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
2017		=	=	=	=	=	=
2018	=		=	=	=	=	=
2019	=	=		<>	<>	<>	<>
2020	=	=	<>		=	=	=
2021	=	=	<>	=		=	=
2022	=	=	<>	=	=		=
2023	=	=	<>	=	=	=	

### Tartarugas-marinhas

No caso das tartarugas-marinhas, não foram incluídos na avaliação Cr, Ni e Ba por possuírem um número de resultados abaixo do LD maior do que 50%, o que distorce os testes de comparação entre médias.

#### *Caretta caretta*

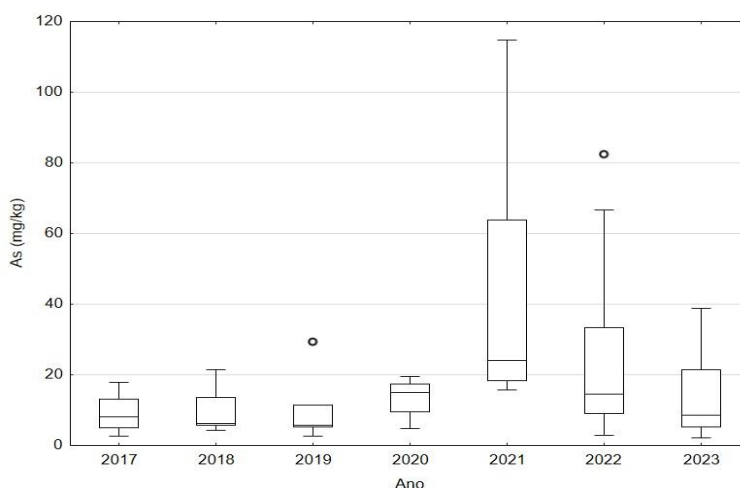
Na **Tabela 7.3-76** são apresentadas a mediana das concentrações dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de *Caretta caretta* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos e elementos com n amostral adequado (>LD, n ≥ 4).

**Tabela 7.3-76** – Mediana dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Caretta caretta* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado (>LD, n ≥ 4).

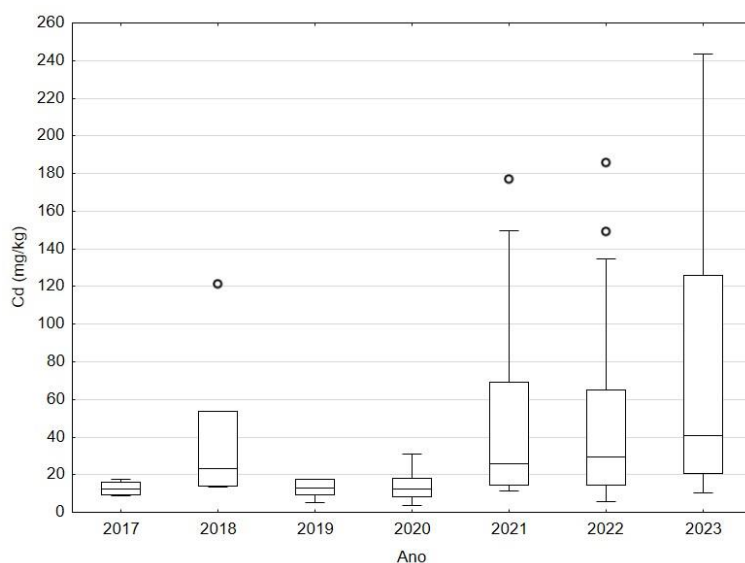
Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elemento	N = 4	N = 5	N = 6	N = 8	N = 11	N = 24	N = 12
As	7,4	8,5	7,3	16,3	32,7	16,7	8,6
Cd	12,3	30,9	14,7	11,6	32,9	30,7	41
Cu	27,1	24,1	11,9	19,4	27,1	18,7	24
Pb	0,19	0,28	0,15	0,21	0,25	0,21	0,15
Mn	4,18	5,98	5,04	4,25	7,05	6,60	4,3
Mo	0,47	0,88	0,63	0,22	0,46	0,66	1,1
Zn	74,8	90,9	72,6	84,3	105	102	106

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elemento	N = 4	N = 5	N = 6	N = 8	N = 11	N = 24	N = 12
V	0,35	1,28	0,55	0,61	1,56	1,95	1,03
Hg	0,47	1,27	1,51	0,83	1,28	1,39	1,7

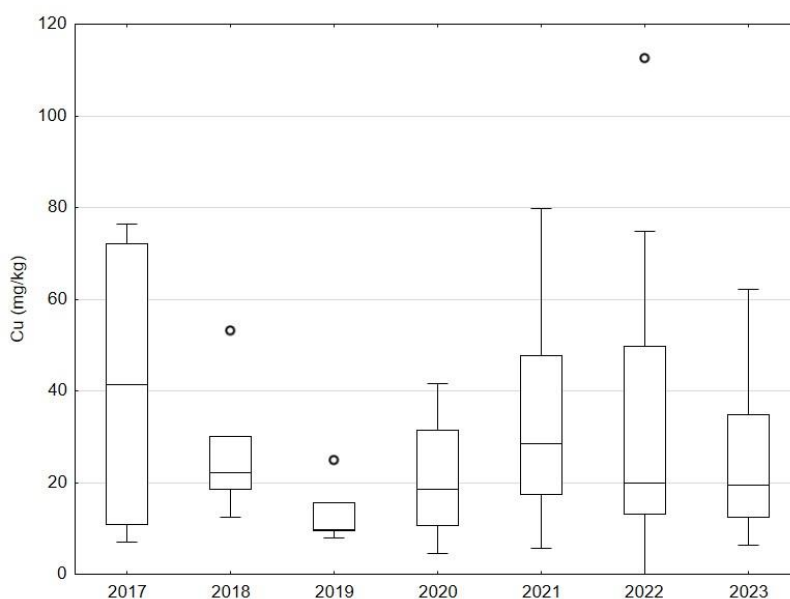
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Caretta caretta*, ao longo do período 2017-2023, são apresentados da **Figura 7.3-17 a Figura 7.3-51**. Uma das características observadas nos gráficos de caixa para a espécie *Caretta caretta* é a grande dispersão dos valores, que por sua vez acaba influenciando na avaliação da diferença dos valores médios entre anos



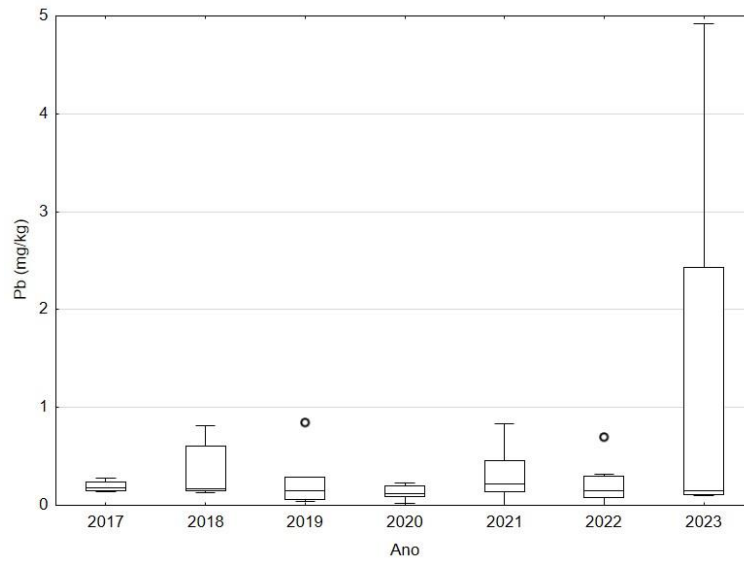
**Figura 7.3-43** Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



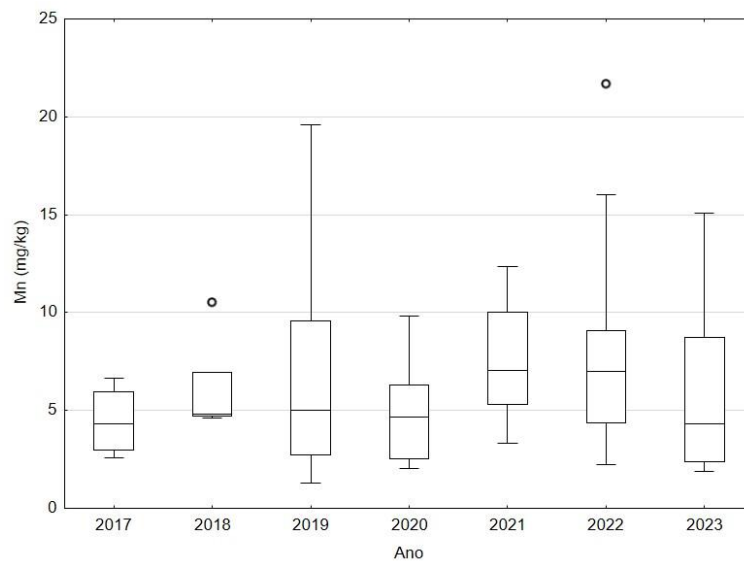
**Figura 7.3-44** – Gráfico de caixas para Cd em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



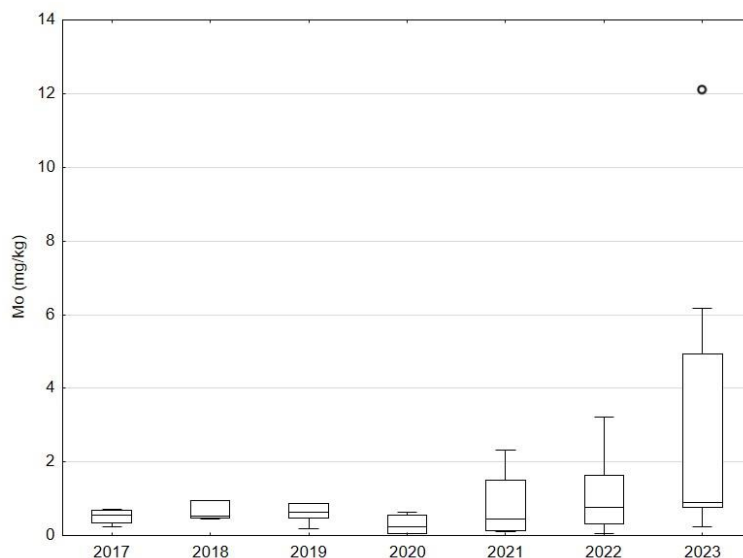
**Figura 7.3-45** – Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



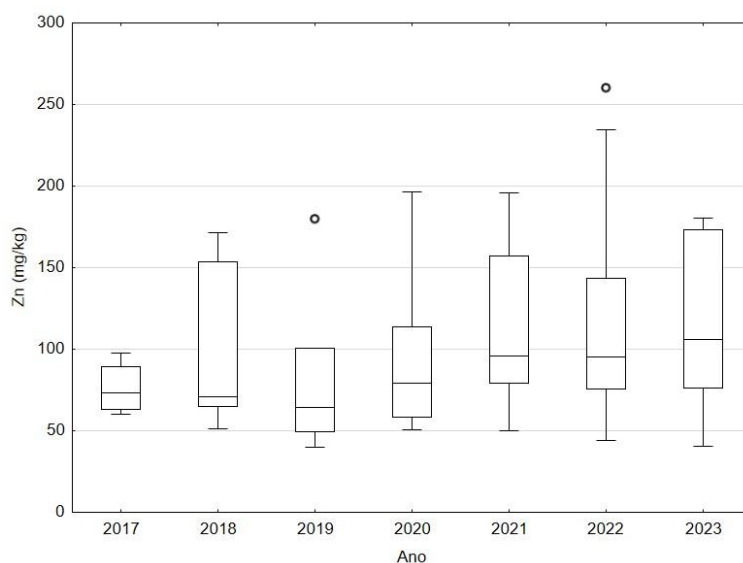
**Figura 7.3-46** – Gráfico de caixas para Pb em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



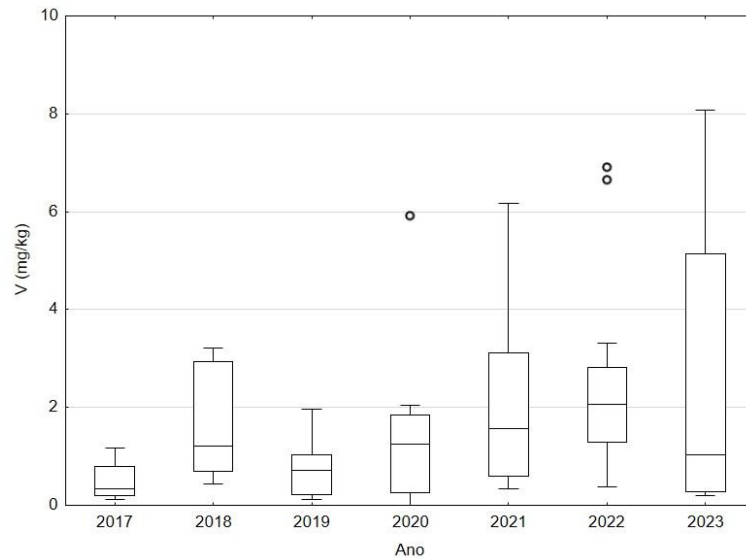
**Figura 7.3-47** – Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



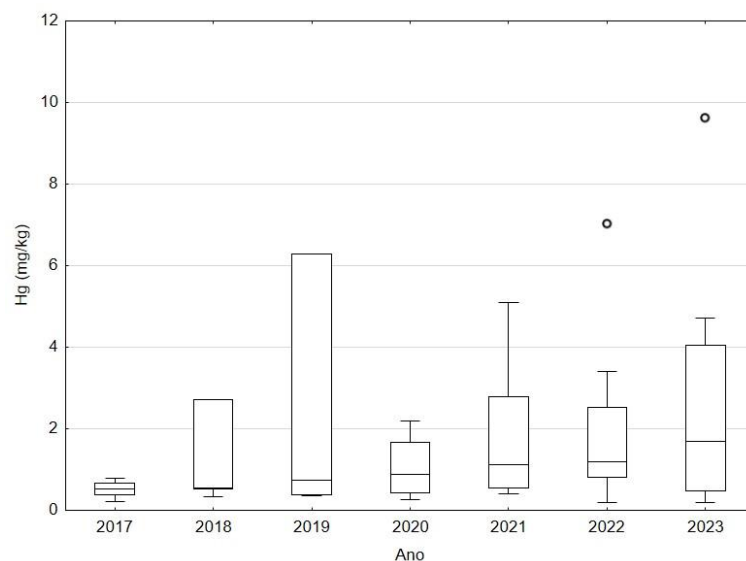
**Figura 7.3-48** – Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-49** – Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Caretta caretta* limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-50** – Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-51** – Gráfico de caixas para Hg em amostras de fígado de *Caretta caretta* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

### Chelonia mydas

Na **Tabela 7.3-77** são apresentadas a mediana das concentrações dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de *Chelonia mydas* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos e elementos com n amostral adequado (>LD,  $n \geq 4$ ). Embora houvesse

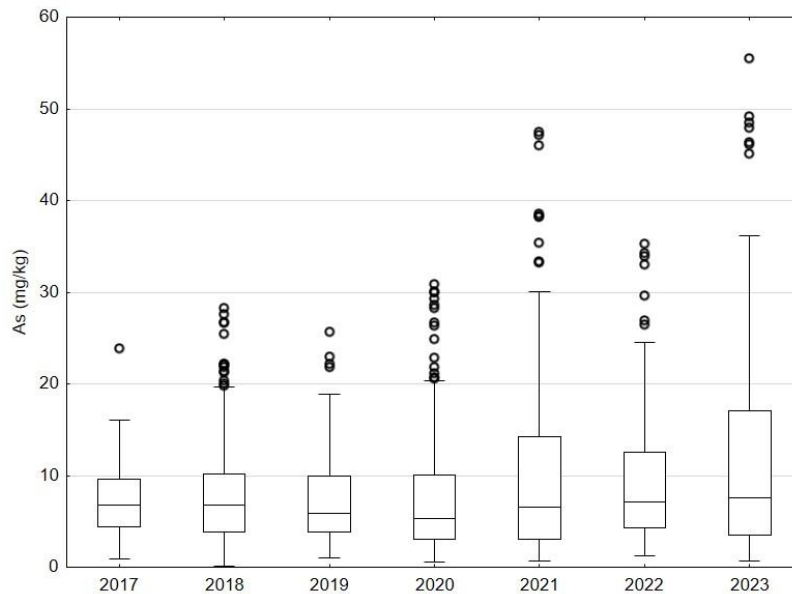
indivíduos suficientes para enquadrar Cr, Ni e Ba nesse critério, optou-se por não o fazer uma vez que não fora possível fazer o mesmo para a outra espécie de tartaruga-marinha *Caretta caretta*.

**Tabela 7.3-77** – Mediana dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Chelonia mydas* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com *n* amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

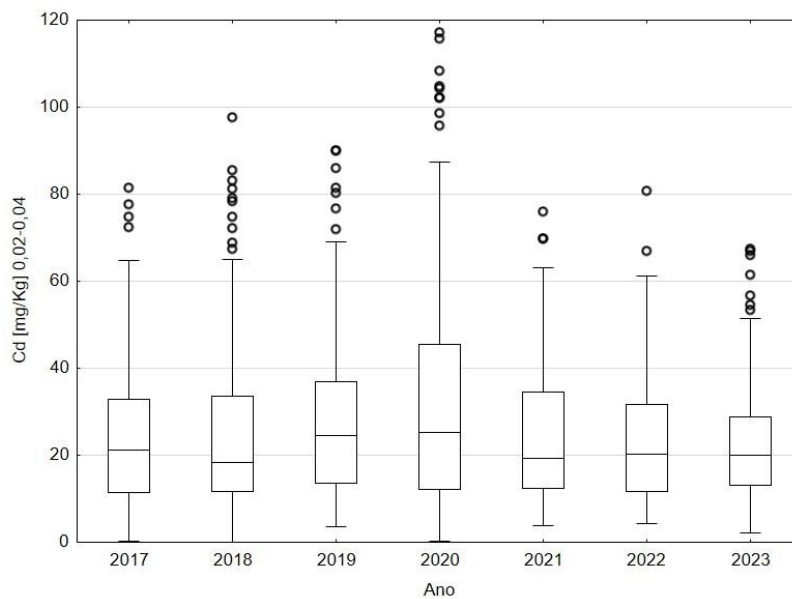
Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elemento	N = 122	N = 297	N = 122	N = 262	N = 159	N = 152	N = 133
As	6,59	6,74	6,13	6,02	7,22	7,19	6,6
Cd	18,1	18,9	23,7	23,4	20,0	19,7	20
Cu	174	173	179	178	198	182	174
Pb	0,43	0,42	0,55	0,74	0,47	0,29	0,64
Mn	11,0	11,3	10,0	11,0	10,9	11,6	9,9
Mo	0,92	0,85	0,98	0,95	0,77	0,70	0,8
Zn	145	137	143	143	131	144	138
V	0,42	0,37	0,58	1,06	0,71	0,66	0,49
Hg	0,52	0,70	0,88	0,88	0,77	0,72	0,7

Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Chelonia mydas*, ao longo do período 2017-2023, são apresentados da **Figura 7.3-52** a **Figura 7.3-60**. Uma das características observadas nos gráficos de caixa para a espécie *Chelonia mydas* é o grande número de *outliers*, talvez, uma consequência do grande número de indivíduos envolvidos ( $n = 1271$ ). Verifica-se, para todos os elementos, uma distribuição bem homogênea ao longo dos anos, não havendo nenhuma tendência temporal

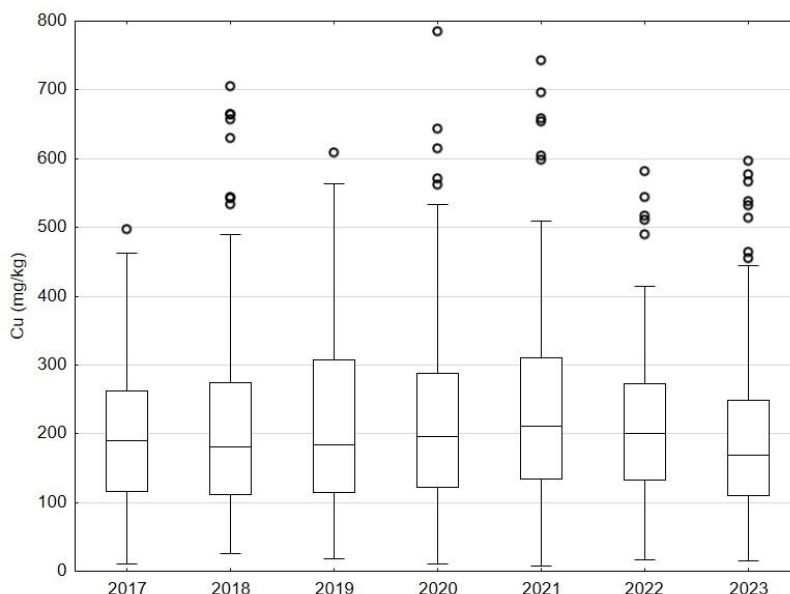




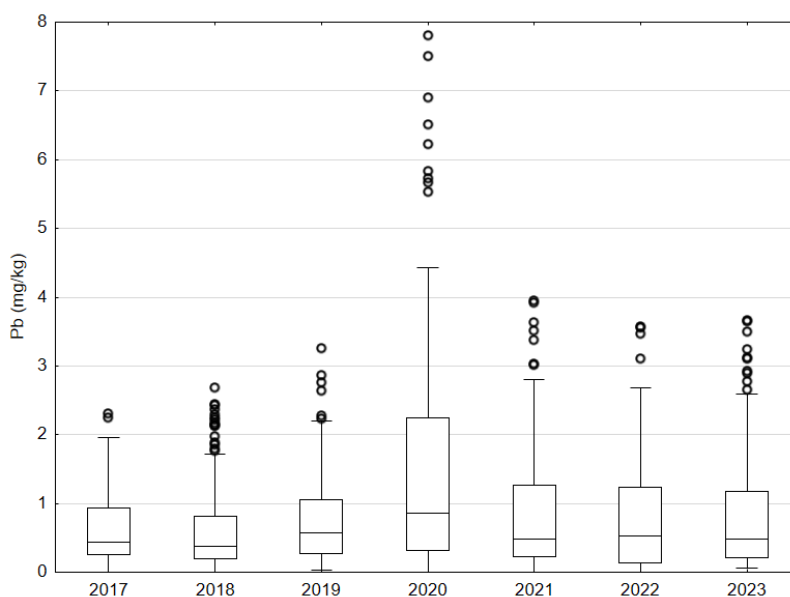
**Figura 7.3-52** – Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



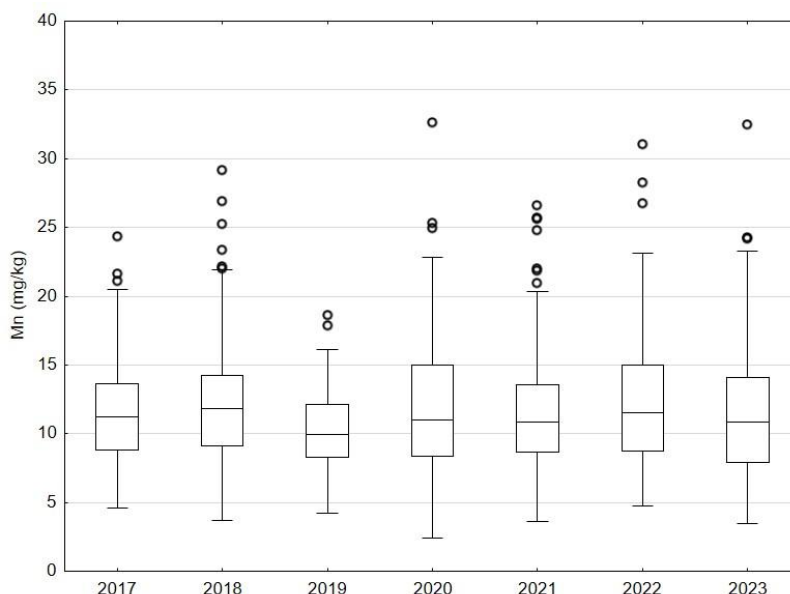
**Figura 7.3-53** – Gráfico de caixas para Cd em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



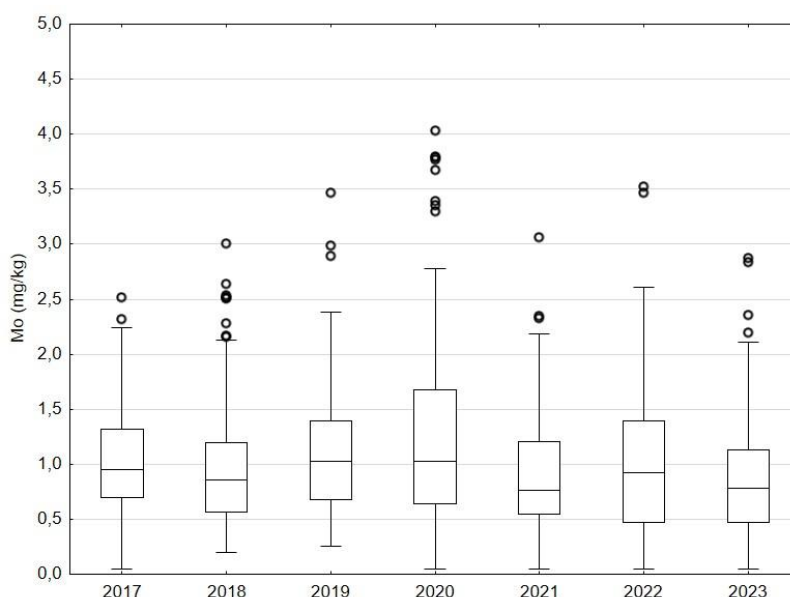
**Figura 7.3-54** – Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



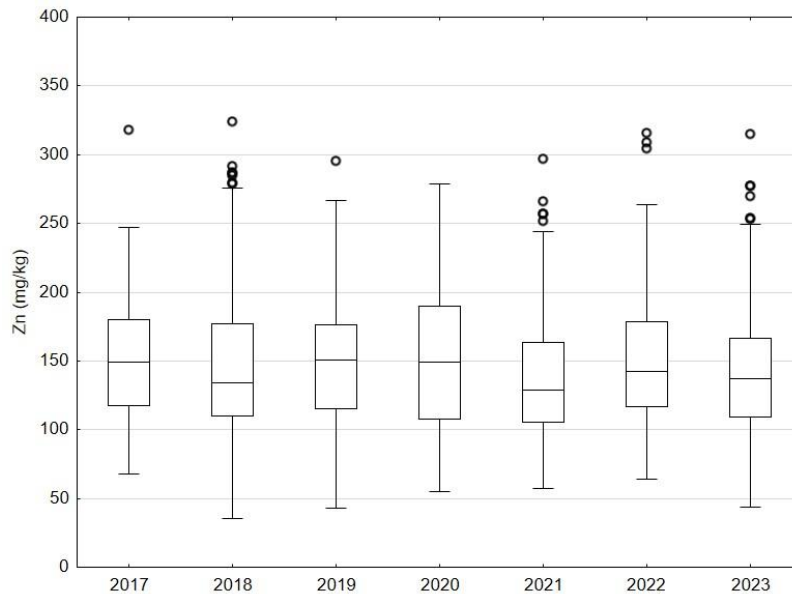
**Figura 7.3-55** – Gráfico de caixas para Pb em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



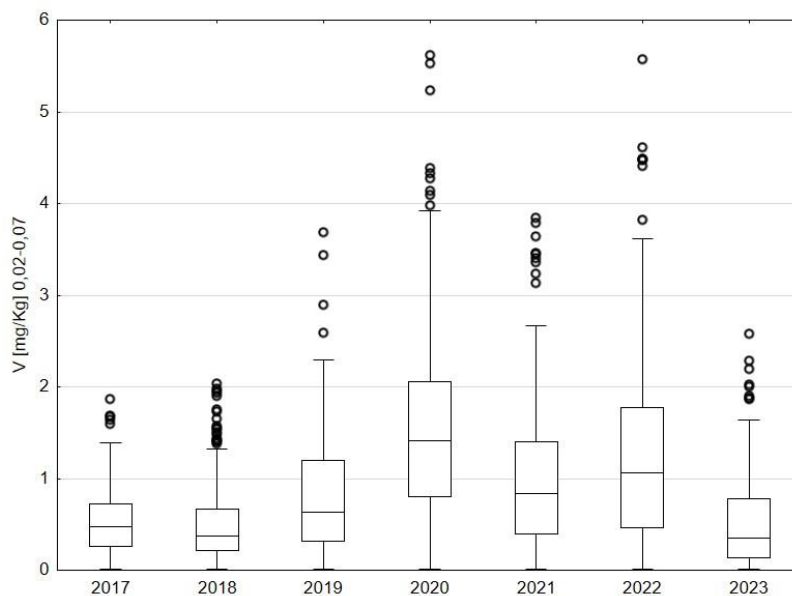
**Figura 7.3-56** – Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



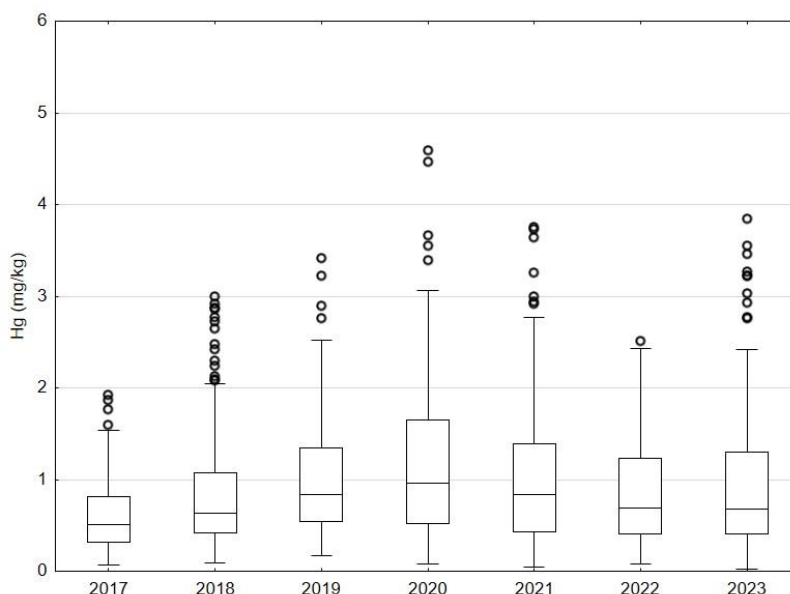
**Figura 7.3-57** – Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-58** – Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Chelonia mydas* limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-59** – Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-60** – Gráfico de caixas para Hg em amostras de fígado de *Chelonia mydas* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

### Mamíferos marinhos

No caso dos mamíferos, não foram incluídos na avaliação Cd, Cr, Pb, Ni e Ba por possuírem um número de resultados abaixo do LD maior do que 50%, o que distorce os testes de comparação entre médias.

### Pontoporia blainvillei

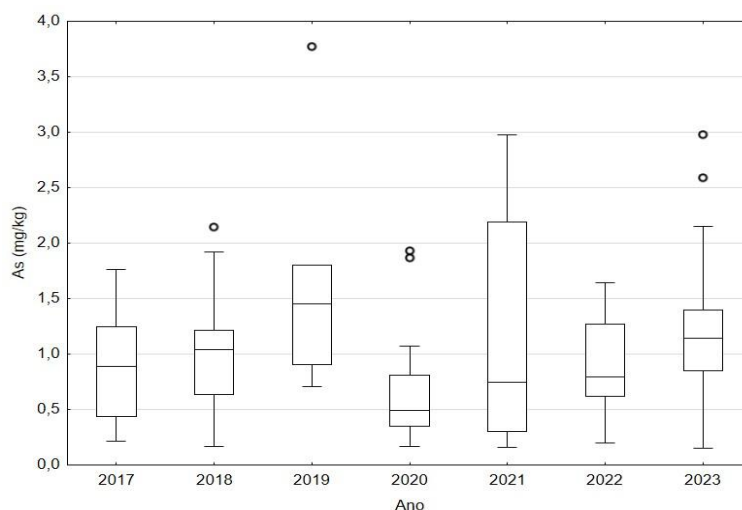
Na **Tabela 7.3-78** são apresentadas a mediana das concentrações dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de *Pontoporia blainvillei* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos e elementos com n amostral adequado (>LD,  $n \geq 4$ ).

**Tabela 7.3-78** – Mediana dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Pontoporia blainvillei* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com n amostral adequado (>LD,  $n \geq 4$ ).

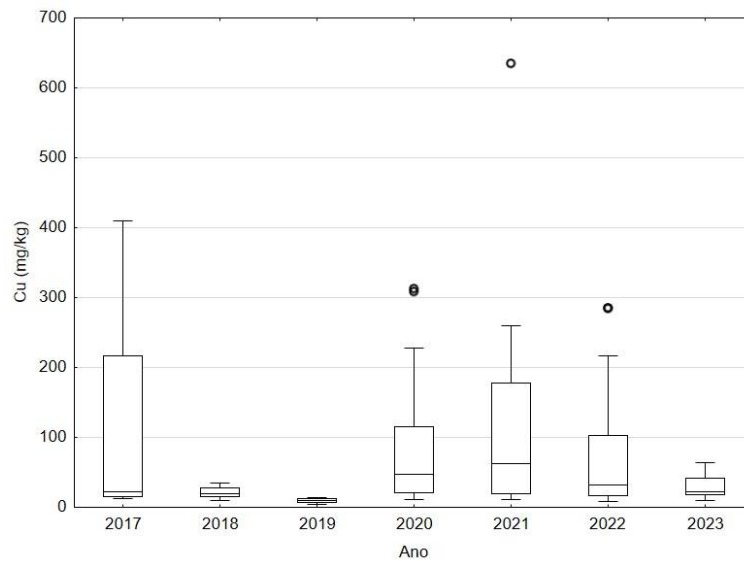
Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elemento	N = 12	N = 25	N = 7	N = 29	N = 27	N = 30	N = 36
As	0.74	0.89	1.41	0.53	0.78	0.84	1,14
Cu	44.1	25.1	9.5	52.3	62.2	43.7	22
Mn	13.9	13.9	12.7	12.8	12.8	15.1	16,4
Mo	0.69	1.10	1.03	0.53	0.42	0.91	2,2
Zn	177	124	96	190	208	167	160

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elemento	N = 12	N = 25	N = 7	N = 29	N = 27	N = 30	N = 36
V	0.188	0.066	0.052	0.510	0.237	0.311	0,057
Hg	3.01	1.86	0.97	1.80	2.30	2.42	2,7

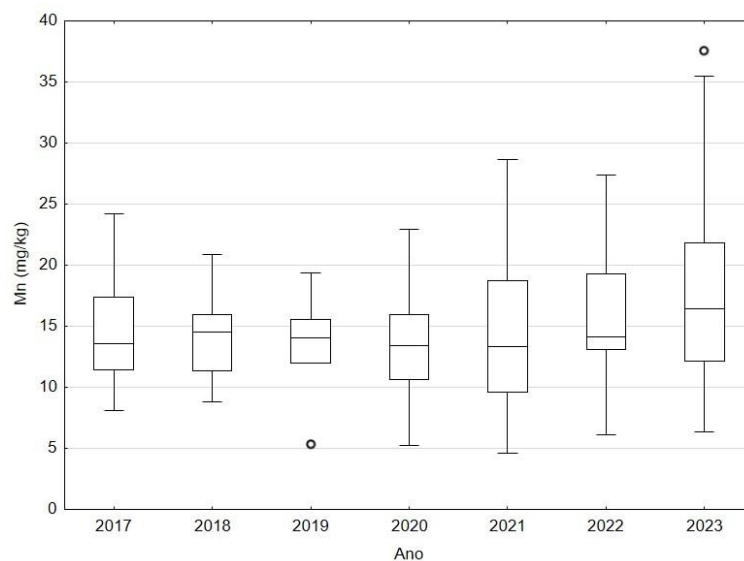
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei*, ao longo do período 2017-2023, são apresentados da **Figura 7.3-61** a **Figura 7.3-67**. Embora não seja verificada uma tendência temporal, para os elementos estudados, em parte devido à grande dispersão dos dados anuais, nota-se uma menor mediana para Cu no ano de 2019 e maiores valores de V no ano de 2020.



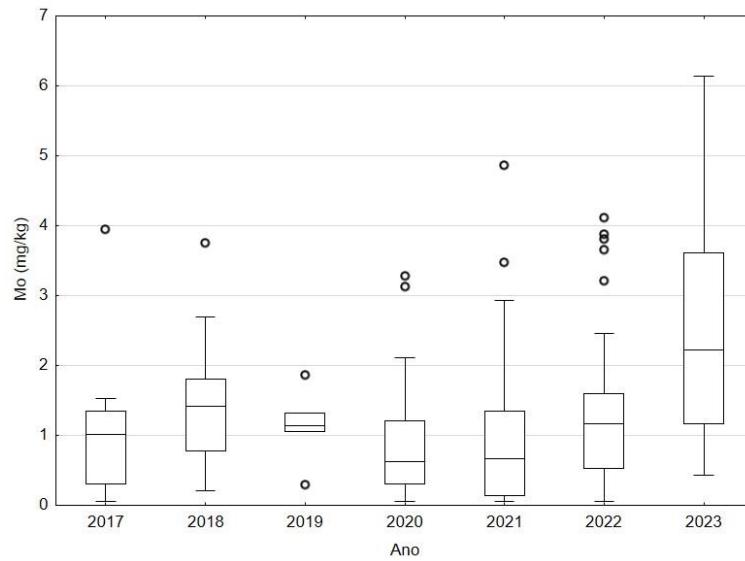
**Figura 7.3-61** – Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



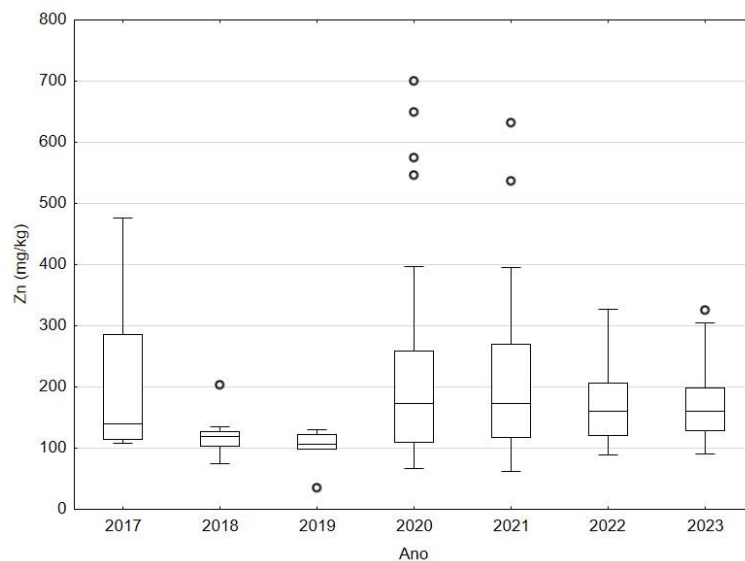
**Figura 7.3-62** – Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-63** – Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

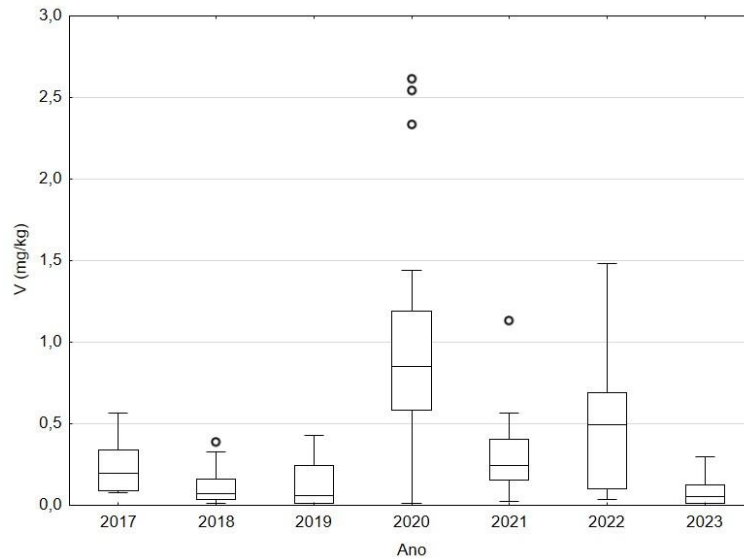


**Figura 7.3-64** – Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

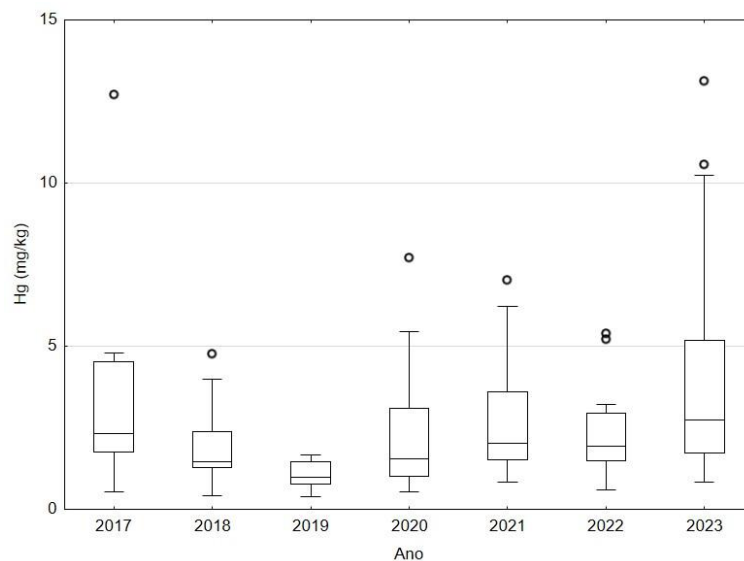


**Figura 7.3-65** – Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).





**Figura 7.3-66** – Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-67** – Gráfico de caixas para Hg em amostras de fígado de *Pontoporia blainvillei* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

### Sotalia guianensis

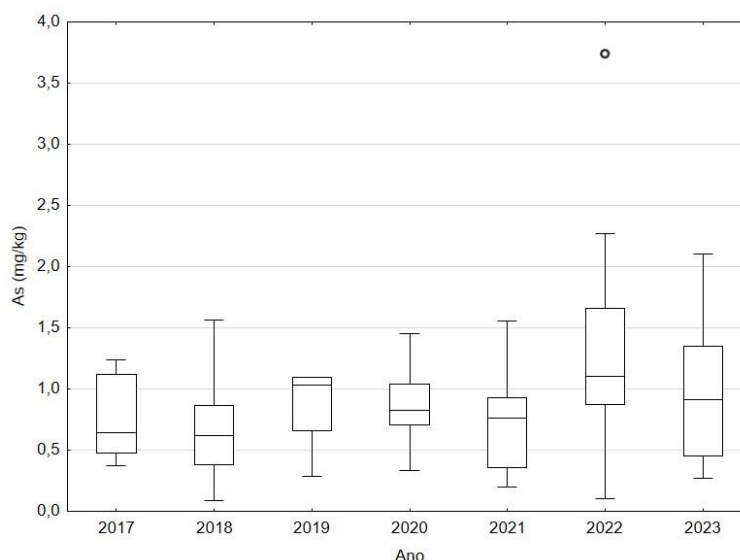
Na **Tabela 7.3-79** são apresentadas a mediana das concentrações dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de *Sotalia*

*guianensis* nos diferentes locais de coleta, considerando somente os anos e elementos com *n* amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

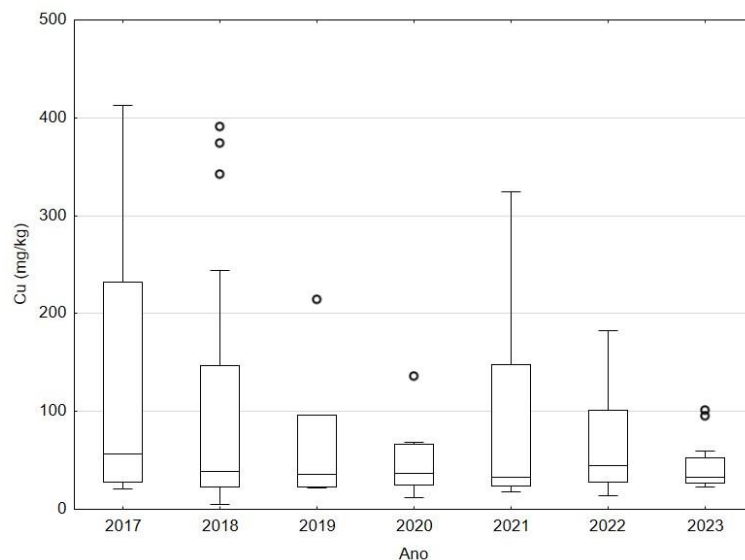
**Tabela 7.3-79** – Mediana dos elementos-traço analisados em amostras de tecido hepático de indivíduos da espécie *Sotalia guianensis* nos diferentes anos de coleta, considerando somente os anos com *n* amostral adequado ( $>LD$ ,  $n \geq 4$ ).

Ano	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elemento	N = 11	N = 32	N = 7	N = 20	N = 17	N = 20	N = 16
As	0.83	0.58	0.91	0.87	0.62	1.02	0,91
Cu	81.4	53.7	46.6	47.4	62.9	59.8	33
Mn	10.9	12.2	9.0	10.0	11.5	14.4	13,6
Mo	1.72	1.27	0.88	1.35	1.07	1.83	1,9
Zn	197	201	158	153	159	208	180
V	0.164	0.113	0.069	0.316	0.219	0.302	0,097
Hg	5.19	4.12	9.28	11.7	5.50	3.73	4,9

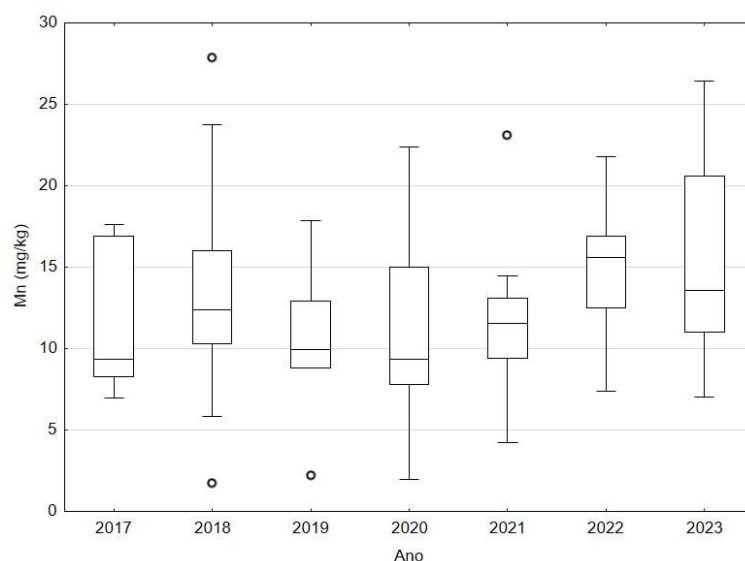
Os gráficos de caixa para a concentração, dos elementos considerados, nas amostras de fígado de *Sotalia guianensis*, ao longo do período 2017-2023, são apresentados da **Figura 7.3-68** a **Figura 7.3-74**. Para todos os elementos considerados, não é possível perceber uma tendência temporal.



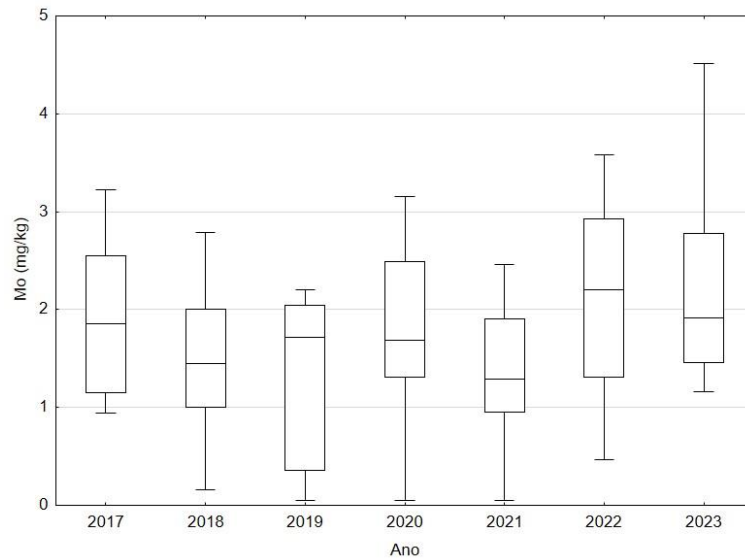
**Figura 7.3-68** – Gráfico de caixas para As em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



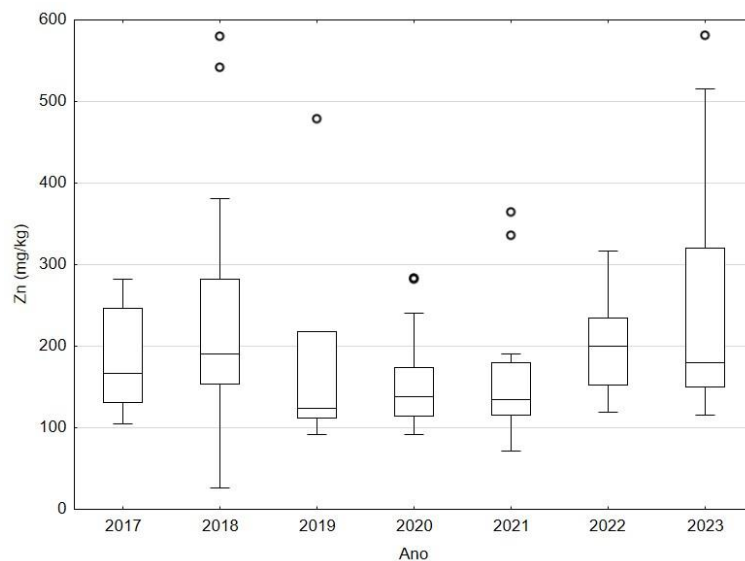
**Figura 7.3-69** – Gráfico de caixas para Cu em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



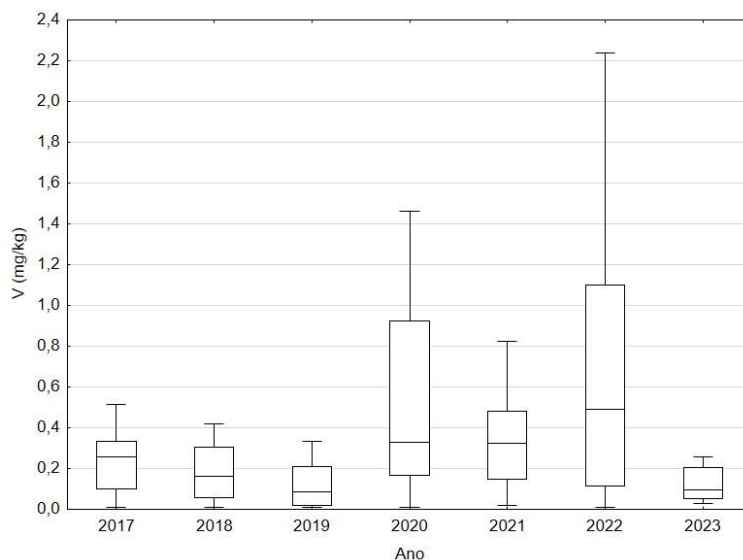
**Figura 7.3-70** – Gráfico de caixas para Mn em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



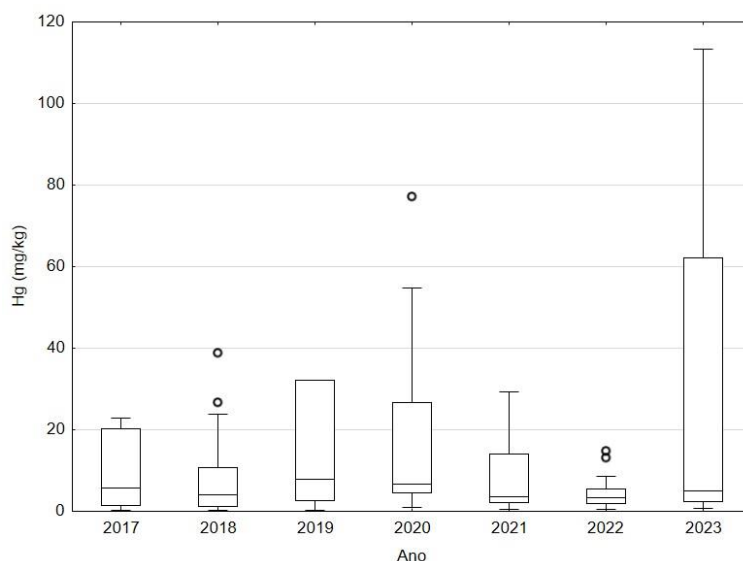
**Figura 7.3-71** – Gráfico de caixas para Mo em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-72** – Gráfico de caixas para Zn em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-73** – Gráfico de caixas para V em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).



**Figura 7.3-74** – Gráfico de caixas para Hg em amostras de fígado de *Sotalia guianensis* ao longo do período 2017-2023 (valor central representa a mediana, os limites da construção da caixa são dados pelo 1º e 3º quartis, as barras representam os limites de 95% dos dados e as esferas os outliers).

## 7.4 Discussões

### 7.4.1 Aves Marinhas

#### *Spheniscus magellanicus*

Comparando o intervalo de concentrações obtidas nos tecidos hepático de *Spheniscus magellanicus* (**Tabela 7.1-1**) com outras espécies de aves marinhas (**Tabela 7.1-1**), observa-se que dos elementos-traço analisados, cinco elementos ultrapassaram os valores máximos anteriormente encontrados na literatura para amostras de tecido hepático de aves marinhas no período de 2006 a 2016 (**Tabela 7.1-1**), sendo eles As ( $56,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Cd ( $246 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Mo ( $14,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Zn ( $850 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e Hg ( $60,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Contudo, embora estes cinco elementos tenham apresentado valores máximos acima dos valores máximos relatados na literatura científica, suas médias e medianas se mantêm dentro do intervalo apresentado na **Tabela 7.1-1**, com exceção de Mo e V. Molibdênio é um elemento essencial e o intervalo da tabela 0.1 parece estar subestimado devendo ser refeita focando nesse elemento. Outros elementos (Cr, Cu e Pb, Ni) estiveram dentro do intervalo. Para esta espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

Diferentemente do que ocorre com a *Chelonia mydas*, encontrou-se apenas três artigos envolvendo a determinação de elementos-traço em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*. Além disso, são apenas três os elementos-traço determinados (Cd, Pb e Hg). Dois artigos científicos mais recentes, Quadri-Adrogué *et al.* (2022) e Dodino *et al.* (2022) abordam somente a determinação de Hg e ambos os artigos empregaram amostras de penas e não de tecido hepático.

Para efeito de comparação, Vega *et al.* (2010) relataram concentrações médias de Cd e Hg em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus* de  $8,6$  e  $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$  respectivamente, para indivíduos coletados na costa norte do Rio de Janeiro. Concentrações médias de Cd e Hg de  $3,3$  e  $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$  respectivamente, para indivíduos na costa norte do Rio Grande do Sul. Também, relataram que a concentração de Pb nos indivíduos coletados ( $n = 47$ ) foi inferior a  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ . Os autores consideram dois fatores que potencialmente afetariam a concentração de metais na espécie: local e tecido.

Também relatam que as concentrações de Cd e Hg encontradas nos dois locais estudados (Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul) foram significativamente diferentes.

Concentrações médias de 7,5; 0,58; 5,7 mg kg<sup>-1</sup> em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus* para Cd, Pb e Hg respectivamente, foram encontradas por Kehrig *et al.* (2015) em indivíduos encalhados ao longo da costa do Rio Grande do Sul. Os autores consideram dois fatores que potencialmente afetariam a concentração de metais na espécie: sexo e tecido amostrado.

No estudo de Moura *et al.* (2018), foram relatadas concentrações de Hg variando de 0,1 a 9,7 mg kg<sup>-1</sup> (peso úmido), com média de 1,82±1,61 mg kg<sup>-1</sup>. Os espécimes foram coletados em três pontos da costa brasileira, pertencentes aos estados de Sergipe, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

Comparado com os resultados relatados por Vega *et al.* (2010) e Kehrig *et al.* (2015), a mediana para Cd (33 mg kg<sup>-1</sup>) obtidas pelo PMP-BS em 2023 foi maior. A mediana para Pb (0,016 mg kg<sup>-1</sup>) foi concordante com o valor relatado por Vega *et al.* (2010) (a grande maioria dos indivíduos – 197 – apresentou concentrações inferiores a 0,01 mg kg<sup>-1</sup>), porém, inferior quando comparado ao valor relatado por Kehrig *et al.* (2015). A mediana obtida para Hg (10,1 mg kg<sup>-1</sup>) foi superior aos valores relatados por Vega *et al.* (2010), porém, semelhante aos valores relatados por Kehrig *et al.* (2015). Assim, apenas a concentração média obtida para Cd pode ser considerada alta.

Pelo menos três fatores poderiam influenciar a concentração de metais no tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*: dieta, condições do corpo e idade (VEGA *et al.*, 2010). Os autores acentuam que pinguins na costa brasileira se alimentam mais frequentemente de cefalópodes do que de peixes e que os primeiros tendem a concentrar Cd e Hg.

Diferenças significativas obtidas entre as concentrações de Pb, Hg e Cd em machos maiores que nas fêmeas não corroboraram os resultados relatados Kehrig *et al.* (2015). Foram obtidas diferenças significativas, também, para os demais elementos, com concentrações nos machos superiores às aquelas encontradas nas fêmeas. Arsênio representa a única exceção a essa tendência com concentrações nas fêmeas superiores às observadas nos machos. Neste sentido pode-se sugerir a existência de diferenças nos hábitos alimentares

entre machos e fêmeas. Não foi possível avaliar a diferença entre estágios de desenvolvimento por contar-se com, apenas, um exemplar adulto.

Ao contrário dos resultados relatados por Vega *et al.* (2010), que relatam diferenças significativas para Cd e Hg a partir de indivíduos coletados em Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, no PMP-BS em 2023 não se observou diferenças significativas para Cd e Hg em amostras de tecido hepático de *Spheniscus magellanicus*.

Na interpretação dos resultados acima devem ser resguardadas algumas características relacionadas à alimentação do *Spheniscus magellanicus*. Por exemplo, Frere *et al.* (1996) e Kojadinovic (2007 a e b) demonstram que a latitude influencia na alimentação da espécie com relação a sua composição: se alimenta de peixes e lulas, porém, as espécies consumidas dependem das latitudes em que o animal se encontra. Mas, diferença significativa em relação aos locais de coleta só foi observada para Cu na Mesorregião 05 (Litoral Paranaense) em relação às demais (MS-04, Litoral Norte Catarinense, MS-06, Litoral Sul Paulista, MS-07, Litoral Central Paulista e MS-08, Litoral Norte Paulista).

### ***Larus dominicanus***

Comparando o intervalo de concentrações obtidas no tecido hepático de *Larus dominicanus* com outras espécies de aves marinhas reportadas na literatura, observa-se que As, Cr, Mo e Zn determinados apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016, sendo As (valor máximo = 25,0 mg kg<sup>-1</sup>), Mo (valor máximo = 3,6 mg kg<sup>-1</sup>). e Zn (valor máximo = 492 mg kg<sup>-1</sup>) (**Tabela 7.1-1**). Entretanto, os valores médios de concentração para estes três elementos-traço estiveram dentro do intervalo apresentado na **Tabela 7.1-1**. Os demais sete elementos, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni e Hg não apresentaram valores máximos acima do intervalo citado na **Tabela 7.1-1**. Para esta espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

O primeiro trabalho publicado sobre a concentração de metais em tecido hepático de *Larus dominicanus* foi bastante recente. Moura *et al.* (2018) relataram concentrações médias de As (3,26 mg kg<sup>-1</sup>), Cd (1,28 mg kg<sup>-1</sup>), Cr



(2,74 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (17,6 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (253 kg<sup>-1</sup>) e Hg (2,83 mg kg<sup>-1</sup>), para indivíduos (nove) encontrados na costa do Rio de Janeiro, similares ou maiores as medianas encontradas neste trabalho: As (5,8 mg kg<sup>-1</sup>), Cd (0,27 mg kg<sup>-1</sup>), Cr (0,075 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (17,4 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (150 mg kg<sup>-1</sup>), Hg (5,0 mg kg<sup>-1</sup>). O destaque da comparação fica pela baixa concentração de Cr encontrada no PMP-BS em 2023, que, em parte, pode ser justificada pelo rigoroso procedimento adotado para a amostragem do tecido hepático dos animais (e.g. facas de cerâmicas). Os autores não identificam o sexo e claramente o estágio de desenvolvimento dos indivíduos. Assim pode-se sugerir que os indivíduos encontrados neste trabalho não apresentam indícios de contaminação por As, Cd, Cr, Cu, Zn e Hg.

Numata *et al.* (2008) relataram concentrações médias para As, Cd, Cu, Pb, Zn e Hg e para a costa oeste da Nova Zelândia. Os resultados apresentados em base úmida foram transformados para base seca (para efeito de comparação) utilizando uma humidade de 80%: 2,00 (As), 2,99 (Cd), 28 (Cu), 0,34 (Pb), 156 (Zn) e 0,83 mg kg<sup>-1</sup> (Hg). Os autores sugerem que as concentrações dos metais não essenciais (As, Cd, Hg e Pb) estiveram abaixo do nível considerado tóxico para aves marinhas, enquanto o nível dos elementos essenciais esteve dentro do padrão fisiológico. No em 2023 pelo PMP-BS, as medianas foram: maior para Hg (3,5 mg kg<sup>-1</sup>), similares para As (3,0 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (286 mg kg<sup>-1</sup>) e inferiores para Cd (0,19 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (18,3 mg kg<sup>-1</sup>) e Pb (0,053 mg kg<sup>-1</sup>). Assim, considerando o trabalho de Numata *et al.* (2008), para a espécie *Larus dominicanus*, pode-se inferir que a concentração de Hg em animais coletados no Brasil é maior que os coletados na costa oeste da Nova Zelândia.

Cortés e Luna-Jorquera (2011) relataram concentrações médias de Cd de 9,8 mg kg<sup>-1</sup> (ambiente selvagem) e 9,6 mg kg<sup>-1</sup> (ambiente urbano = sistema costeiro da cidade de Coquimbo) para 20 animais adultos capturados em dois sítios. Para Cu (animais adultos) os valores relatados foram 14,8 mg kg<sup>-1</sup> (ambiente selvagem) e 16,1 mg kg<sup>-1</sup> ambiente urbano). Animais juvenis, em ambiente selvagem e urbano apresentaram concentrações de Cd de 1,5 mg kg<sup>-1</sup> e <0,01 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Para Cu as concentrações (animais juvenis) foram de 15,8 e 15,4 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente. Baseando-se nestes dados os autores concluíram que, possivelmente, animais juvenis coletados no

ambiente selvagem apresentaram uma concentração média de Cd alta devido aos processos de biomagnificação decorrente do consumo de ovos e filhotes de outros pássaros marinhos. Também apontaram que as concentrações de Cd das aves adultas dos dois ambientes foram quase 200% do limite considerado tóxico para aves marinhas ( $5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (CORTÉS; LUNA-JORQUERA, 2011). Finalmente, pontuam que os dois fatores (estágio de maturidade dos animais e local) afetaram as concentrações de Cd.

Os resultados obtidos para Cd no em 2023 pelo PMP-BS confirmam os relatados por Cortés e Luna-Jorquera (2011), que pontuam que animais adultos apresentam maior concentração do elemento, justificado por um processo de biomagnificação pelo consumo de ovos e filhotes de outros pássaros marinhos. No entanto, as medianas para animais juvenis ( $0,18 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e adultos ( $0,58 \text{ mg kg}^{-1}$ ) estiveram bem abaixo (10 vezes menores) do limite considerado tóxico para aves marinhas ( $5 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Assim, considerando o trabalho Cortés e Luna-Jorquera (2011), pode-se concluir que não há evidências de contaminação de Cu e Cd nos animais coletados.

Diferenças significativas em termos de estágio de desenvolvimento, também, foram observadas para Mn, Mo, Zn, V e Hg, mas, com uma tendência envolvendo jovens>adultos.

Não foram encontrados trabalhos onde avalia-se diferenças entre as concentrações de elementos-traço em machos e fêmeas. No em 2023 pelo PMP-BS houve diferença significativa entre sexo para as concentrações de todos os elementos-traço que apresentaram maiores concentrações em machos do que em fêmeas.

### ***Phalacrocorax brasilianus***

Comparando o intervalo de concentrações obtidas nos tecidos hepáticos de *Phalacrocorax brasilianus* com outras espécies de aves marinhas reportadas na literatura, observa-se que dos elementos-traço determinados, As ( $6,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Mo (valor máximo =  $6,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e Zn (valor máximo =  $743 \text{ mg kg kg}^{-1}$ ) (**Tabela 7.1-1**) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. Os demais elementos estiveram dentro do intervalo citado na **Tabela 7.1-1**. Para esta

espécie, torna-se difícil a comparação dos resultados obtidos para Ba e V pela falta de informação na literatura.

Lima *et al.* (2023) publicaram um artigo de consolidação dos resultados obtidos no presente projeto para o período de coleta de 2015-2021. Comparando os resultados do ano de 2023 com a média e o valor máximo encontrados, verifica-se que a mediana atual para As ( $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e Cd ( $0,21 \text{ mg kg}^{-1}$ ), bem como os valores máximos para As ( $6,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Cd ( $0,87 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Mo ( $6,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Zn ( $743 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Ni ( $0,56 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e Hg ( $17,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ), são superiores aos publicados. A única diferença significativa entre sexos, reportada pelos autores, envolvia o As, o que não foi observado para os resultados de 2023.

Nenhuma outra informação na principal coleção do *Web of Science* foi encontrada para elementos-traço em tecido hepático para a espécie *Phalacrocorax brasilianus* habitando a costa brasileira. Um único trabalho (Cid *et al.*, 2009) realizado em um lago de água doce na Argentina relata as concentrações de Cd e Pb no tecido hepático de *P. brasilianus*, de  $0,26 \pm 0,06 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $1,88 \pm 0,21 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente, valores bem acima dos encontrados, principalmente para Pb. As concentrações de Cd e Pb encontradas nos animais foram associadas diretamente as concentrações dos elementos no Lago: Cd (entre  $0,29$  e  $1,05 \text{ ng mL}^{-1}$ ) e Pb entre  $24,4$  e  $103 \text{ ng mL}^{-1}$ , sugerindo que a espécie é um bom biomonitor. A alta concentração de Pb no Lago deriva de atividade antrópica, segundo os autores. Os autores relatam não haver diferença significativa nas concentrações de Pb e Cd em tecido hepático de machos e fêmeas. Em 2023 pelo PMP-BS, foram observadas diferenças entre sexos envolvendo Cd, Mo e Hg com fêmeas>machos e V com machos>fêmeas. Foi possível confirmar a existência de diferenças significativas nas concentrações de Cd e Zn para a variável estágio de desenvolvimento reportadas por Cid *et al.*, 2009. Verificou-se, também, uma influência do estágio de desenvolvimento para Cu e V com jovens>adultos.

## 7.4.2 Tartarugas-marinhas

### *Chelonia mydas*

Comparando as concentrações obtidas nos tecido hepáticos de *Chelonia mydas* com outras espécies de quelônios marinhos relatadas na literatura (**Tabela 7.1-1**), observa-se que, cinco dos elementos-traço determinados, As (valor máximo = 179 mg kg<sup>-1</sup>), Cr (valor máximo = 6,06 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (valor máximo = 596 mg kg<sup>-1</sup>), Mn (valor máximo = 33 mg kg<sup>-1</sup>), Mo (valor máximo = 3,8 mg kg<sup>-1</sup>), e Hg (valor máximo = 71,8 mg kg<sup>-1</sup>) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016. Não há informação suficiente de Ba na literatura para estabelecer uma comparação ampla.

Barbieri (2009) relatou concentrações médias de Cd, Cu, Pb, Mn e Ni em amostras de tecidos hepático de animais juvenis de *Chelonia mydas* encontrados encalhados no estuário de Cananéia (sudeste do Brasil) de 0,27; 20,7; 0,06; 4,81; 0,13 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Os valores relatados foram consideravelmente inferiores aos obtidos no em 2023 pelo PMP-BS: Cd (20 mg kg<sup>-1</sup>); Cu (174 mg kg<sup>-1</sup>); Pb (0,64 mg kg<sup>-1</sup>); Mn (9,9 mg kg<sup>-1</sup>) Ni (0,30 mg kg<sup>-1</sup>). Os autores demonstraram diferenças de concentrações médias de Cd, Cu, Pb e Ni entre animais adultos (maiores) e juvenis (menores). No entanto, não foram avaliados outros fatores que potencialmente afetariam as concentrações dos elementos-traço em tetrápodes, como local, sexo e hábito alimentar. No presente projeto não contamos com um único indivíduo adulto entre as 133 amostras analisadas desta espécie, e por tanto não foi possível a comparação estatística. Foi observada uma relação com o sexo para As, Cd, Ni, V e Hg com fêmeas>machos e Cu e Pb com machos>fêmeas.

Da Silva *et al.* (2014) também analisando amostras de tecido hepático (e de outros tecidos) de animais juvenis de *Chelonia mydas*, encontrados encalhados na costa sul do Brasil (no estado do Rio Grande do Sul), relataram concentrações médias de Cd (5,9 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (101 mg kg<sup>-1</sup>) e Pb (4,5 mg kg<sup>-1</sup>) muito mais altas que as relatadas por Barbieri *et al.* (2009), porém, inferiores no caso do Cd (20 mg mg kg<sup>-1</sup>) e Cu (174 mg kg<sup>-1</sup>) e superior para Pb (0,64 mg kg<sup>-1</sup>) às concentrações médias obtidas no em 2023 pelo PMP-BS. A concentração de Zn (45,0 mg kg<sup>-1</sup>) relatada por Silva *et al.* (2014) também foi

inferior à obtida neste trabalho ( $138 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Neste sentido pode-se destacar como altas as concentrações obtidas para o Cd, Cu, Pb e Zn.

No estudo de Da Silva *et al.* (2014), os autores consideram dois fatores relacionados à concentração de elementos-traço: tecidos e tamanho (definido como comprimento curvilíneo da carapaça – CCC). Também, pontuam a dificuldade em estabelecer a influência da poluição marinha (e.g. provinda da alta concentração de metais) na saúde e sobrevivência de quelônios marinhos, pois são poucas as informações sobre as concentrações fisiológicas de metais nos tecidos e os efeitos resultantes de acumulações excessivas. Os autores fazem uma extensa discussão baseando-se, em parte, nos hábitos alimentares, para justificar valores maiores em comparação ao trabalho de Barbieri *et al.* (2009). Também, atividades agrícolas e industriais – supostamente maiores no Sul, foram utilizadas para justificar esta diferença de concentração entre as duas publicações. Contudo, não se demonstra claramente o efeito do local da coleta na concentração de Cd, Cu, Pb e Zn nos tecidos de *Chelonia mydas*. Finalmente, os autores sugerem mais estudos focando o impacto biológico da contaminação de metais na costa do Brasil sobre a espécie.

Ao contrário dos resultados obtidos no em 2023 pelo PMP-BS, Da Silva *et al.* (2014) relataram que não houve diferenças significativas nas concentrações dos elementos Cd, Cu, Pb e Zn analisados entre machos e fêmeas. Os autores atribuem esta semelhança ponderando que todos os indivíduos analisados foram juvenis e que as taxas absorção, excreção e acumulação de metais em quelônios são geralmente associadas com a maturidade e reprodução. Os autores citam trabalhos realizados no Japão (ANAN *et al.*, 2001) que confirmam este comportamento. Contudo, essas justificativas não explicam os resultados obtidos para Hg no em 2023 pelo PMP-BS, maior para machos do que para fêmeas.

Em um outro estudo, realizado na costa norte do Brasil (Camaçari, Bahia, Brasil), Macêdo *et al.* (2015), relataram concentrações médias de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ni, V e Hg de 29,8; 18,8; 0,6; 36,7; 0,54; 8,73; 1,09; 132; 0,79; 3,22 e  $1,34 \text{ mg kg}^{-1}$ , em amostras de tecido hepático de animais juvenis de *Chelonia mydas*, respectivamente. O elemento traço Ba não foi detectado. O estudo realizado por Macêdo *et al.* (2015) considera dois fatores

relacionados à concentração de elementos-traço: duas espécies de quelônios (*Chelonia mydas* e *Eretmochelys imbricata*) e seus tecidos (ossos, tecido hepático e rim). Os autores relataram, até então, que as concentrações de Cd, Cu, Ni e Zn em amostras de tecido hepático de *Chelonia mydas* foram as maiores encontradas no Brasil. Assumindo que a espécie se alimenta primariamente de gramíneas e algas marinhas, estes autores sugerem que alto teor de elementos-traço nestes animais derivam de sua alimentação, pois foram altas as concentrações de As, Cd, Co, Mn, Ni, Pb e Zn encontradas em macroalgas da região (Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil).

Comparando os resultados de 2023 obtidos pelo PMP-BS com o estudo de Macêdo *et al.* (2015), foram obtidas concentrações médias similares para a maioria dos elementos (Cd, Pb, Mn, Mo, Zn e Hg). Porém, foram obtidas concentrações médias inferiores para As, Cr, Ni e V, e concentrações médias superiores para Cu. Mais uma vez pontua-se a alta concentração de Cu nesta espécie.

Recentemente, Di Benedetto *et al.* (2019) relataram uma concentração de 0,43 mg kg<sup>-1</sup> de Hg em *Chelonia mydas* coletadas no litoral do Rio de Janeiro. Os autores sugerem a área de estudo como uma área prístina (considerando que o valor encontrado é baixo). Também afirmam que a concentração de Hg no tecido hepático pode refletir a contaminação pelo elemento, considerando que macroalgas (que também refletem a contaminação por Hg por áreas industriais) são seus alimentos preferidos. Nos resultados de 2023 do PMP-BS, a média de Hg encontrada (1,6 mg kg<sup>-1</sup> de Hg) foi maior que a relatada por Di Benedetto *et al.* (2019). Contudo, a mediana (0,7 mg kg<sup>-1</sup> de Hg) apresentou valor próximo a média relatada por Di Benedetto *et al.* (2019). Sulato *et al.* (2022) relatam maiores concentrações de Cu, Pb, Mo, Zn, Ba e V em indivíduos costeiros, quando comparados com indivíduos oceânicos; entretanto para os elementos As e Hg foi observado o contrário, maiores concentrações em indivíduos oceânicos.

Segundo Anan *et al.* (2001) são necessários estudos relacionados às interações dinâmicas desses animais em diferentes estágios de vida para medir a transferência trófica de elementos e avaliar a influência do tamanho corporal e hábitos alimentares na acumulação de contaminantes. Assim, se desprezadas as interações dinâmicas desses animais em diferentes estágios



de vida para medir a transferência trófica de elementos e avaliar a influência do tamanho corporal (foi analisado apenas um animal adulto), pode-se sugerir os altos valores de concentrações encontrados no em 2023 pelo PMP-BSs estão associados aos hábitos alimentares dos quelônios.

Recentemente foi publicado um artigo comparando a concentração de Zn no fígado, rins e músculos de *Chelonia mydas* procedentes de Austrália, Japão, EUA, Havaí e Brasil (FRAGA *et al.*, 2023); os autores reportam que tanto para fígado como para rins, os animais provenientes do Brasil apresentaram as menores concentrações médias (12,2 e 9,39 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente).

A menos do molibdênio e mercúrio, todos os demais elementos apresentaram algum efeito relacionado ao local de coleta envolvendo, em particular, a mesorregião Litoral Paranaense e as três mesorregiões do Litoral Paulista.

### ***Caretta caretta***

Ainda continuam as dificuldades na hora de esquadrihar a literatura científica em busca de informações que permitam uma comparação adequada com os resultados aqui apresentados. A maioria de artigos publicados tratam sobre estudos em *Chelonia mydas*, a espécie com maior número de indivíduos neste trabalho. Também houve dificuldades em encontrar publicações que utilizavam a mesma matriz (tecido hepático). Day *et al.* (2005) fizeram o monitoramento de Hg em diversas matrizes como tecido hepático, sangue, músculo e rins, mas reportam os valores em base úmida.

Embora questionável, dado o pequeno número de indivíduos macho (n = 3), foi verificada uma diferença significativa entre sexos para Pb, Mo e V com fêmeas>machos e Mn com machos>fêmeas. Em termos de estágio de desenvolvimento, As, Pb, Mo, Ni, V e Hg possuem maiores concentrações em adultos quando comparado com indivíduos jovens, já Mn apresenta um comportamento contrário com jovens>adultos.

### 7.4.3 Mamíferos Marinhos

#### *Pontoporia blainvillei*

Comparando o intervalo de concentrações obtidas no tecido hepático de *Pontoporia blainvillei* com outras espécies de cetáceos reportados na literatura, observa-se que dos elementos-traço determinados, Cr (valor máximo = 2,93 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (valor máximo = 673 mg kg<sup>-1</sup>), Mo (valor máximo = 6,1 mg kg<sup>-1</sup>), Ba (valor máximo = 0,94 mg kg<sup>-1</sup>) e Ni (2,64 mg kg<sup>-1</sup>) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016 (**Tabela 7.1-1**).

A **Tabela 7.4-1** mostra as concentrações médias de alguns elementos-traço em tecidos hepáticos de *Pontoporia blainvillei* coletadas em diferentes regiões do Brasil. As concentrações relatadas para As, Cd, Cu, Mn, Zn e V foram semelhantes aos valores obtidos, enquanto as concentrações relatadas para Cr, Pb e Mo foram maiores que os valores obtidos. A concentração média obtida para Hg ficou dentro do intervalo relatado, já a mediana obtida para Ba (0,050 mg kg<sup>-1</sup>) foi maior que o valor relatado. Ressalta-se, no entanto, que a maioria dos indivíduos tiveram a concentração de Ba abaixo do LD. Assim, presume-se não haver dentre os animais coletados altas concentrações dos elementos-traço determinados.

Kunito *et al.* (2004) relataram não haver diferença significativa entre as concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ba e V em tecido hepático de machos e fêmeas de *Pontoporia blainvillei*. O comportamento foi confirmado para As, Cd, Cu, Pb por Seixas *et al.* (2009a) e relatado para Hg por Seixas *et al.* (2008). Os resultados obtidos no em 2023 pelo PMP-BS diferem daquele relatados na literatura com machos>fêmeas para os elementos As, Cd, Mo, Zn e V.

**Tabela 7.4-1** – Concentrações médias (mg kg<sup>-1</sup>) de elementos-traço relatados para *Pontoporia blainvillei*.

Ref.	Kunito <i>et al.</i> , 2004	Seixas <i>et al.</i> , 2008	Seixas <i>et al.</i> , 2009a
Local	São Paulo e Paraná	Sudeste Sul	Norte do Rio de Janeiro
As	1,2	NR	1,10
Cd	0,404	NR	0,55
Cr	0,49	NR	NR
Cu	44,5	NR	25,6
Pb	0,026	NR	0,67



Ref.	Kunito <i>et al.</i> , 2004	Seixas <i>et al.</i> , 2008	Seixas <i>et al.</i> , 2009a
Local	São Paulo e Paraná	Sudeste Sul	Norte do Rio de Janeiro
Mn	14,8	NR	NR
Mo	2,28	NR	NR
Zn	152	NR	NR
Ni	NR	NR	NR
Ba	0,008	NR	NR
V	0,089	NR	NR
Hg	NR	2,60-10,7	NR

\* NR = Não Relatado

Segundo Kunito *et al.* (2004) as concentrações de V, Mo, Cd e Hg no tecido hepático aumentaram com o aumento da idade da *Pontoporia blainvillei*. Seixas *et al.* (2008) relataram correlações positivas para a concentração de Hg e o tamanho dos indivíduos capturados no sudeste e sul do Brasil. Seixas *et al.* (2009a) relatam a inexistência de correlações entre as concentrações de As, Cd, Cu e Pb e o tamanho dos indivíduos.

No em 2023 pelo PMP-BS obteve-se os seguintes resultados: as concentrações de As, V, Mo e Hg foram maiores em animais adultos do que em filhotes (também juvenis, no caso de As e Hg); as concentrações de Cu, Mn e Zn em animais adultos e juvenis foram menores do que em filhotes, bem com V menor em juvenis do que em filhotes. Assim, os resultados obtidos concordam com resultados relatados por Seixas *et al.* (2008) e em parte com os resultados (Mo, Cd e Hg) relatados por Kunito *et al.* (2004). Dependência da idade no acúmulo elementos-traço no tecido hepático de mamíferos marinhos são frequentemente encontrados na literatura (KUNITO *et al.*, 2004). Explica-se o acúmulo, por exemplo, para Cd, Pb e Hg pela meia-vida biológica ser bastante longa para os elementos com alta afinidade ao grupo SH da cisteína. Também, a concentração de V pode ser positivamente correlacionada com a idade, considerando que o elemento pode ser retido através de ligações covalentes com aminoácidos (e.g. cisteína e histidina).

Kunito *et al.* (2004) afirmam que a contribuição antropogênica para altas acumulações em cetáceos brasileiros é difícil de ser avaliada porque elementos-traço pode ocorrer naturalmente. Também, relataram que a concentração de elementos-traço no tecido hepático de mamíferos marinhos

do hemisfério Sul e Norte são comparáveis, embora a emissão de elementos-traço no Norte seja maior. Contudo, Seixas *et al.* (2008) reportaram diferentes concentrações de Hg e Se no tecido hepático de *Pontoporia blainvillei* do sul e sudeste brasileiro. A diferença é atribuída a condições ambientais (como, temperatura da água e produção primária) e a outros fatores, como formações geológicas e a influência da concentração de elementos-traço na cadeia alimentar. Finalmente, para fins de comparação, Seixas *et al.* (2009a) relataram que concentrações de Cd em *P. blainvillei* de áreas costeiras argentinas foram mais altas que as encontradas na costa do Rio de Janeiro.

Devido ao baixo número de indivíduos, a comparação espacial só pode ser realizada com as Mesorregiões 07-10, pertencentes ao Estado de São Paulo e ao Sul Fluminense e para os elementos As, Cu, Mn, Mo, Zn, V e Hg. Foram observadas diferenças entre as mesorregiões para todos os elementos com exceção do Zn.

Em artigo recente (MANHÃES *et al.*, 2022), realizou-se um estudo de bioacumulação de elementos-traços em diferentes tecidos de *Pontoporia blainvillei*, dentre eles tecido hepático, facilitando uma comparação com os resultados obtidos no em 2023 pelo PMP-BS. Assim, todos os valores relatados por Manhães *et al.* (2022) para concentração de elementos-traço em amostras de tecido hepático foram inferiores aos valores encontrados no em 2023 pelo PMP-BS.

Finalmente, reafirma-se os apontamentos de Kunito *et al.* (2004) que a contribuição antropogênica para altas acumulações em cetáceos brasileiros é difícil de ser avaliada principalmente porque elemento-traço pode ocorrer naturalmente.

### ***Sotalia guianensis***

Comparando o intervalo de concentrações obtidas no tecido hepático de *Sotalia guianensis* com outras espécies de cetáceos reportados na literatura, observa-se que dos elementos-traço determinados, Ba (valor máximo = 1,94 mg kg<sup>-1</sup>) e Ni (valor máximo = 1,92 mg kg<sup>-1</sup>) apresentaram concentrações maiores que as reportadas anteriormente na literatura no período de 2006 a 2016.

São apresentadas na **Tabela 7.4-2** as concentrações médias de alguns elementos-traço em tecido hepático de *Sotalia guianensis* coletadas em diferentes regiões do Brasil. As concentrações relatadas para todos os elementos foram semelhantes às medianas obtidas, a menos daquela verificada para Mn.

Similarmente aos apontamentos para *Pontoporia blainvillei*, Kunito *et al.* (2004) relataram não haver diferença significativa entre as concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Zn, Ba e V em tecido hepático de machos e fêmeas de *Sotalia guianensis*. Os resultados foram confirmados para As, Cd, Cu, Pb por Seixas *et al.* (2009a). Seixas (2009b) também relata que o fator gênero não altera as concentrações de Cd, Cu e Hg. Os resultados obtidos no em 2023 pelo PMP-BS (ausência de diferença significativa para o fator sexo para todos os elementos-traço) diferem dos relatados na literatura, também, para este cetáceo, mostrando que diferenças em gênero afetam a acumulação de elementos-traço com Cd, Mo, V e Hg com machos>fêmeas.

Kunito *et al.* (2004) relataram que as concentrações de V, Mo, Cd, Pb e Hg no tecido hepático de *Sotalia guianensis* aumentaram com o aumento da idade dos indivíduos. Por outro lado, o inverso (correlações negativas) foi relatado para Mn, Cu e Zn. Similarmente ao ocorrido para *Pontoporia blainvillei*, Seixas *et al.* (2009 a) relataram a inexistência de correlações entre as concentrações de As, Cd, Cu e Pb e o tamanho dos indivíduos. Em outro trabalho, os autores (SEIXAS *et al.*, 2009b) relataram correlações positivas entre idade e a concentração de Hg, porém, inexistência de correlações entre Cd e Cu.

Verifica-se que, em 2023, pelo PMP-BS, as concentrações de As, Mn, Zn, V e Hg foram maiores em animais adultos do que em filhotes e juvenis para caso Cu e Mn. Enquanto as concentrações de Cd e Mn em filhotes foram maiores em animais adultos e, também, juvenis. Na comparação adultos/juvenis As, Cd, Mn, Zn, V e Hg, apresentam maiores concentrações nos adultos. Os resultados obtidos concordaram, em parte (Hg), com resultados relatados por Seixas *et al.* (2009a) e parcialmente com os resultados (V, Cd e Hg) relatados por Kunito *et al.* (2004). As correlações positivas encontradas para Hg sugerem maior exposição dos indivíduos mais velhos da espécie para este elemento.

**Tabela 7.4-2** – Concentrações ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de elementos- traço relatados para *Sotalia guianensis*.

Ref.	Kunito <i>et al.</i> ,2004	Seixas <i>et al.</i> ,2009 a	Seixas <i>et al.</i> ,2009 b
Local	São Paulo e Paraná	Norte do Rio de Janeiro	Norte do Rio de Janeiro
As	0,83	1,11	NR
Cd	0,654	0,39	0,41
Cr	0,93	26,48	NR
Cu	157	NR	26,48
Pb	0,070	1,55	NR
Mn	9,84	NR	NR
Mo	2,55	NR	NR
Zn	192	NR	NR
Ni	NR	NR	NR
Ba	0,009	NR	NR
V	0,13	NR	NR
Hg	NR	NR	27,77

\* NR = Não Relatado

## 7.5 Considerações

No período de referência (janeiro a dezembro de 2023) foram coletadas para determinação de elementos traço, um total de 416 amostras do PMP-BS, contemplando 23 espécies, das quais, para os tratamentos estatísticos, foram selecionadas aquelas com 10 ou mais indivíduos no período, resultando em análises estatísticas, cujas principais observações são apresentados neste item para as sete espécies mais abundantes de aves marinhas (*Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, e *Phalacrocorax brasilianus*), de tartarugas-marinhas (*Chelonia mydas*, *Caretta caretta*) e de mamíferos marinhos (*Pontoporia blainvillei*, *Sotalia guianensis*). O n amostral mínimo de foi de quatro indivíduos para as comparações estatísticas intra-espécie (comparação entre sexos, estágio de desenvolvimento, local e ano da coleta, etc.).

Considerando a comparação entre sexo, foi observada a existência de diferenças entre a concentração em machos e fêmeas para todas as espécies envolvidas variando de quatro elementos para as espécies *Phalacrocorax brasilianus*, *Caretta caretta* e *Sotalia guianensis* para todos os 8/8 elementos nas espécies *Larus dominicanus* e *Spheniscus magellanicus* e 7/10 na espécie *Chelonia mydas*.

Em termos de comparação da concentração dos elementos-traço em função do estágio de desenvolvimento, foi observado que em termos de aves marinhas, Cd apresenta-se em concentrações maiores em adultos quando comparado com indivíduos jovens nas espécies *Larus dominicanus* e *Phalacrocorax brasilianus*. Por outro lado, uma tendência contrária é verificada para Mn, Mo, Zn, V e Hg em *Larus dominicus* e Cu, Zn e V em *Phalacrocorax brasilianus*. Considerando as tartarugas-marinhas, essa comparação só foi possível para a espécie *Caretta caretta*, uma vez que para *Chelonia mydas* todas as amostras eram referentes à indivíduos jovens, tendo sido verificado para As, Pb, Mo, Ni, V e Hg maiores concentrações em indivíduos adultos quando comparados com os jovens e, apenas para Mn uma tendência inversa. Para mamíferos marinhos, foram observadas diferenças significativas, entre jovens e adultos, para As, Cd, Mn, Zn, V e Hg, com concentrações maiores nos adultos em relação aos jovens de *Sotalia guianensis*. Ainda, em relação à *Sotalia guianensis*, em filhotes observou-se valores menores para Cu e Mn, quando comparados com indivíduos jovens, e uma tendência contrária para Cd e Mo e Hg. Também em relação aos filhotes, adultos apresentam maiores concentrações de As, Mn, Zn, V e Hg, e menores de Cd e Mo.

Com relação à avaliação espacial, em mesorregiões, houve limitações em função do número de resultados. Para as aves marinhas, comparou-se as concentrações dos elementos-traço obtidos para indivíduos coletados em diferentes locais (cinco mesorregiões) para *Spheniscus magellanicus* (Litoral Norte Catarinense, Paranaense e Paulista, MS-04 a MS-08) e foram excluídos aqueles elementos com mais de 50% de dados abaixo do LD: Cr, Pb, Ni e Ba. Diferença significativa em relação aos locais de coleta só foi observada para Cu na Mesorregião 05 (Litoral Paranaense) em relação às demais (MS-04, Litoral Norte Catarinense, MS-06, Litoral Sul Paulista, MS-07, Litoral Central Paulista e MS-08, Litoral Norte Paulista).

Para as tartarugas, a avaliação espacial foi realizada para *Chelonia mydas* envolvendo seis mesorregiões (Litoral Centro-Norte Catarinense, Norte Catarinense, Paranaense e Paulista, MS-03 a MS-08). Do mesmo modo como aves marinhas, foram excluídos aqueles elementos com mais de 50% de dados abaixo do LD: Cr e Ba. Com exceção do molibdênio e mercúrio, todos os demais elementos apresentaram algum efeito relacionado ao local de coleta

envolvendo, em particular, a mesorregião Litoral Paranaense e as três mesorregiões do Litoral Paulista.

Para os mamíferos marinhos, foi possível apenas a comparação envolvendo quatro mesorregiões (Litoral Central e Norte Paulista, Baía de Sepetiba e Baía da Ilha Grande). Também, foram excluídos os elementos Cd, Cr, Pb, Ni e Ba. Foram observadas diferenças entre as mesorregiões para todos os elementos com exceção do Zn.

A análise temporal das concentrações de elementos-traço, contemplando a série histórica de resultados, para as seis espécies estatisticamente analisadas (*Spheniscus magellanicus*, *Larus dominicanus*, *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia guianensis*), não apontou indícios de aumento nas concentrações médias ao longo dos anos.

## 7.6 Referências – Elementos Traço

ABDULLAH, M. Z. B. *et al.* Assessment of the impact of petroleum and petrochemical industries to the surrounding areas in Malaysia using mosses as bioindicator supported by multivariate analysis. **Environ Monit Assess**, v. 184, p. 3959-3969, 2012.

ANAN, Y. *et al.* Trace element accumulation in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Yaeyama Islands, Japan. **Environ. Toxicol. Chem.**, v. 20, p. 2802-2814, 2001.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

BARBIERI, E. Concentration of Heavy Metals in Tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananeia Estuary, Brazil. **Braz. Journal of Oceanogr.**, v. 57, p. 243-248, 2009.

BARBIERI, E. *et al.* Heavy metal concentration in tissues of *Puffinus gravis* sampled on the Brazilian coast. **Rev. Bras. de Ornitol.**, v. 15, p. 69-72, 2007.

BIGHETTI, G. P. *et al.* Bioaccumulation of mercury is equal between sexes but different by age in seabird (*Sula leucogaster*) population from southeast coast of Brazil. **Environ. Pollut.**, v. 285, p. 117222, 2021.

CELIS-HERNANDEZ, O. *et al.* Historical Trace element accumulation in marine sediments from the Tamaulipas shelf, Gulf of Mexico: An assessment of natural vs anthropogenic inputs. **Science of the Total Environ.**, v. 622-623, p. 325-336, 2018.



CORTÉS, M.; LUNA-JORQUERA, G. Efecto de la edad y la localidad en la concentración de cadmio y cobre en el hígado de la gaviota dominicana *Larus dominicanus*. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 46, n. 2, p. 287-292, 2011.

DA SILVA, C. C. *et al.* Concentration and distributions of metals in tissues of stranded green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the southern Atlantic coast of Brasil. **Science of the Total Environment**, v 466-467, p. 109-118, 2014.

DAY, R. D. *et al.* Monitoring Mercury in the Loggerhead Sea Turtle, *Caretta caretta*. **Environmental Science & Technology**, v. 39, n. 2, p. 437–446, 2005.

DI BENEDITTO, A. P. *et al.* Hg and  $\delta^{15}\text{N}$  in juvenile green turtles from southeastern Brazil (~23°S): Inferences about contamination levels and recruitment to coastal Waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 64-68, 2019.

DODINO, S. *et al.* Mercury exposure driven by geographic and trophic factors in Magellanic penguins from Tierra del Fuego. **Marine Pollution Bulletin**, v. 174, p. 113184, 2022.

EPA-US – Environmental Protection Agency. **EPA 245.6: Mercury in Sediment and Tissue Sample by Cold Vapor Absorption Atomic Spectrometry**. Washington DC, 1991.

EPA-US – Environmental Protection Agency. **EPA 6020a: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry**. Washington DC, 1998.

EPA-US – Environmental Protection Agency. **Method 3052: Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous and Organically Based Matrices**. Washington DC, 1995.

EPA-US – Environmental Protection Agency. **Method 6020A (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry**. Revision 1. 1998.

FRAGA, N. S. *et al.* Pantropical distribution of zinc in green turtles (*Chelonia mydas*): marine vertebrates as sentinel species. **Environ Sci Pollut Res**, v. 30, p. 50509-50519, 2023.

FRERE, E.; GANDINI, P.; LICHTSCHEIN, V. Variación latitudinal en la dieta del pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la costa Patagónica, Argentina. **Ornitol. Neotrop.**, v. 7, p. 35-41, 1996.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos - DOQ-CGCRE-008**. Revisão: 01. 2008.

IPRO, C. V. Z. *et al.* Trace elements in tissues of white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctialis*) from Kerguelen waters, Southern Indian Ocean. **Pol. Biol.**, v. 37, p. 763-771, 2014.

ISHII, C. *et al.* Heavy metal pollution in Japanese seabirds. **Jap. Journ. of Vet. Res.**, v. 61, p. 75-76, 2013.

KEHRIG, H. A. *et al.* Trace-elements, methylmercury and metallothionein levels in Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) found stranded on the Southern Brazilian coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 96, p. 450-455, 2015.

KOJADINOVIC, J. *et al.* Trace elements in three marine birds breeding on Reunion Island (western Indian Ocean): part 2. Factors influencing their detoxification. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 52, p. 431-440, 2007b.

KOJADINOVIC, J. *et al.* Trace elements in three marine birds breeding on Reunion Island (western Indian Ocean): part 1. Factors influencing their bioaccumulation. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 52, p. 418-430, 2007a.

KUNITO, T. *et al.* Concentration and subcellular distribution of trace elements in liver of small cetaceans incidentally caught along the Brazilian coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, p. 574-587, 2004.

LEMOS, L. S. *et al.* Small cetaceans found stranded or accidentally captured in southeastern Brazil: Bioindicators of essential and non-essential trace elements in the environment. **Ecotox. and Environ. Safety**, v. 97, p. 166-175, 2013.

LIMA, G. dos S. *et al.* Pelagic and estuarine birds as sentinels of metal(loid)s in the South Atlantic Ocean: Ecological niches as main factors acting on bioaccumulation. **Environmental Pollution**, v. 326, p. 121452, 2023.

MACÊDO, G. R. *et al.* Trace elements distribution in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) and green turtle (*Chelonia mydas*) tissues on the northern coast of Bahia, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 94, n. 1-2, p. 284-289, 2015.

MANHÃES, B. M. R. *et al.* Temporal trends of trace elements bioaccumulation by a vulnerable cetacean (*Pontoporia blainvillei*) before and after one of the largest mining disasters worldwide. **Science of The Total Environment**, v. 804, p. 15019, 2022.

MENEGÁRIO, A. A.; PEDROBOM, J. H.; SULATO, E. T. Serviços de quantificação, avaliação e interpretação de resultados de elementos traços em amostras biológicas de tetrápodes marinhos provenientes do programa de monitoramento ambiental da PETROBRAS. Relatório de Estado da Arte, volume único, revisão 02, 10/2017.

MOURA, J. F. *et al.* Interspecific variation of essential and non-essential trace elements in sympatric seabirds. **Environmental Pollution**, v. 242, p. 470-490, 2018.

NUMATA, M. *et al.* Hepatic cytochrome P450 activity and pollutant concentrations in paradise shelducks and southern Black-backed gulls in the South Island of New Zealand. **Ecotoxicology**, v. 17, p. 697-708, 2008.



NUNES, G. T. *et al.* Ecological trap for seabirds due to the contamination caused by the Fundão dam collapse, Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 807, p. 151486, 2022.

QUADRI-ADROGUÉ, A. *et al.* Feather mercury levels in beached Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) in northern Argentina during the non-breeding season. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 24793–24801, 2022.

SEBASTIANO, M. *et al.* High levels of mercury and low levels of persistent organic pollutants in a tropical seabird in French Guiana, the magnificent frigatebird, *Fregata magnificens*. **Environmental Pollution**, v. 214, p. 384-393, 2016.

SEIXAS, T. G. *et al.* Essential (Se, Cu) and non-essential (Ag, Hg, Cd) elements: What are their relationships in liver of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae)? **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 4, p. 629–634, 2009a.

SEIXAS, T. G. *et al.* Total mercury, organic mercury and selenium in liver and kidney of a South American coastal dolphin. **Environmental Pollution**, v. 154, n. 1, p. 98–106, 2008.

SEIXAS, T. G. *et al.* Trace elements in different species of cetacean from Rio de Janeiro coast. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, p. 243–251, 2009b.

THERMO SCIENTIFIC. **AN-E0619: US EPA SW-846 Method 6020A Using the X Series ICP-MS (Application Note)**. [S.l.], [s.d.].

THERMO SCIENTIFIC. **Detection Limits for X Series II ICP-MS Instrumentation**. [S.l.], [s.d.].

VEGA, C. M. *et al.* Levels of cadmium, mercury, and lead in Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) stranded on the Brazilian coast. Arch. of Environ. **Contamin. and Toxicol.** v. 58, p. 460-468, 2010.